

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**Přírodovědecká fakulta**

Katedra fyzické geografie a geoekologie



**Kvalita vod v povodí Mastníku a jeho  
vliv na Slapskou nádrž**

Water quality in the Mastnik catchment area and  
it`s influence on Slapy reservoir

*Diplomová práce*

Luboš Mrkva

Praha 2013

**Vedoucí práce: prof. RNDr. Bohumír Janský, CSc.**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem všechny použité prameny řádně citoval. Svoluji k zapůjčení této práce k studijním účelům a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena v evidenci knihovny.

V Sedlčanech dne 15. 8. 2013

.....

Luboš Mrkva

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu prof. RNDr. Bohumíru Janskému, CSc. za cenné rady a připomínky při zpracování práce. Dále děkuji Povodí Vltavy, s.p. a ČHMÚ Praha za poskytnutá data a H. Příbylové za pomoc při jejich shánění. Velké poděkování patří také Ing. Libuši Benešové, CSc. a pracovníkům z Laboratoře ochrany vod ÚŽP PřF UK Blance Popelákové a Sylvě Novákové. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat svým kamarádům a rodinným příslušníkům za pomoc při terénních měřeních. Celá má rodina zaslouží také poděkování za podporu po celou dobu mého studia.

## **Kvalita vod v povodí Mastníku a jeho vliv na Slapskou nádrž**

### **Abstrakt**

I přes výrazné investice do sanace komunálních odpadních vod a sníženým množstvím používaných hnojiv, je kvalita povrchové vody na drobných tocích v zemědělských a venkovských oblastech ČR stále nízká. Mezi takto problematické toky patří i Mastník. Tento tok protéká zemědělskou krajinou Středočeské pahorkatiny a jako pravostranný přítok ústí do řeky Vltavy, přesněji do Slapské nádrže. Na základě dat o koncentraci zvolených ukazatelů pocházejících z monitorovací sítě státního podniku Povodí Vltavy, které byly vhodně doplněny vlastní monitorovací sítí, byly analyzovány jakostní poměry v povodí. Dále byl zhodnocen vliv Mastníku na kvalitu vody ve Slapské nádrži. Bylo zjištěno, že opatření, která jsou v povodí prováděna – především výstavba čistíren odpadních vod, vede k postupnému zlepšování kvality povrchových vod. V posledních letech je ale výsledná jakost vod ovlivněna rostoucí koncentrací chlorofylu. Tento růst je způsoben vyšší teplotou vod a tím způsobenou vyšší eutrofizací toků v povodí. Nejvíce se eutrofizace projevuje v zátocích Mastníku, která je již ovlivněna vzdutím Slapské přehrady. Teplota vody v této zátocce je ve vegetačním období v průměru o 6°C vyšší než na Slapské nádrži. Avšak žádný výrazný vliv Mastníku vzhledem k objemu Slapské nádrže nebyl potvrzen.

Pokud se má současná jakost vod v povodí Mastníku udržet či zlepšovat, musí se počítat s negativním vlivem klimatických změn. Při zachování stávajících podmínek bude docházet ke zhoršování jakosti vod, a proto je potřeba snižovat množství vypouštěných látek do povrchových vod. V případě Mastníku jde především o zlepšení sanace odpadních vod z drobných sídel a snížení vlivu vodní eroze na zemědělské půdy.

**Klíčová slova:** povodí Mastníku, bodové a plošné zdroje znečištění, zemědělství, eutrofizace, Slapská nádrž

## **Water quality in the Mastník catchment area and it's influence on Slapy reservoir**

### **Abstract**

Despite major investments in remediation of waste water and reduction of fertilizers the quality of surface water on small rivers in agricultural and rural regions of the Czech Republic is still very low. Among the problematic rivers is also the river Mastník. This river runs through agricultural area of the Central Bohemian Uplands and as a right-hand side tributary it flows into the Vltava river, in particular to Slapy reservoir. According to the data of concentration of indicators coming from monitored profiles of the State public enterprise Povodí Vltavy which were completed by our own monitoring profile the quality of water has been analyzed. Furthermore, the effect of Mastník on the water quality in Slapy reservoir has been evaluated. It was discovered that the steps that are being taken, mainly construction of sewage treatment plants, are leading to gradual improvement of quality of the surface water. Nowadays the final quality of water is influenced by growing concentration of chlorophyll. This growth is caused by warmer waters and that leads to higher eutrofisation of rivers in the catchment area. The most significant eutrofisation is showing in the creek of Mastník where it's affected by Slapy reservoir. In the vegetative period the temperature of water in this creek is in average about 6°C higher than in the Slapy reservoir. However any significant impact of Mastník on Slapy reservoir wasn't proved.

If the quality of waters in the Mastník catchment area should be maintained or improved there has to be awareness of the effect of negative climatic changes. Providing that current conditions preserve, water quality will decrease; therefore it is desirable to reduce the amount of pollutants coming into surface water. In case of Mastník it is in particular about improvement of remediation of waste water from small households and reduction of water erosion impact on agricultural soil.

**Keywords:** Mastník River catchment area, point and non-point sources of pollution, agriculture, eutrofisation, Slapy reservoir

# **Zadání diplomové práce**

## **Název práce**

Kvalita povrchových vod v povodí Mastníku a jeho vliv na Slapskou nádrž

## **Cíle práce**

- Rešerše problematiky jakosti povrchových vod v ČR s důrazem na venkovské oblasti
- Rešerše problematiky týkající se eutrofizace vod
- Podrobná dokumentace zdrojů znečišťujících látek v povodí
- Posouzení jakosti vody v řece a jejího vlivu na Slapskou přehradní nádrž

## **Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje**

- Analýza současného stavu sanace odpadních vod ve zkoumaném povodí
- Hlavní datové zdroje – Získání dosavadních dat z Povodí Vltavy, s.p. a ČHMÚ Praha
- Vlastní odběry vzorků vody na vybraných profilech v povodí Mastníku a analýzy jakosti vody v laboratoři Ústavu pro životní prostředí na PřF UK v Praze a vlastní měření průtoků na vytipovaných profilech
- Zhodnocení vlivu Mastníku na jakost vody ve Slapské nádrži – stanovení míry eutrofizace v zálivu Mastníku v letním období (koncentrace chlorofylu, zastoupení řas a sinic)

## **Datum zadání:**

Jméno studenta: Bc. Luboš Mrkva

Podpis studenta: .....

Jméno vedoucího práce: prof. RNDr. Bohumír Janský, CSc.

Podpis vedoucího práce: .....

# Obsah

<b>1. ÚVOD</b>	<b>13</b>
<b>2. EUTROFIZACE</b>	<b>14</b>
2.1. DEFINICE POJMU	14
2.2. PROJEVY A DŮSLEDKY EUTROFIZACE VE VODNÍM PROSTŘEDÍ	15
2.3. NUTRIENTY A JEJICH ZDROJE	16
2.4. MOŽNOSTI MONITORINGU ÚŽIVNOSTI VOD	18
2.5. ŘEŠENÍ PROBLÉMU EUTROFIZACE	18
2.6. TRENDY EUTROFIZACE NA SLAPSKÉ NÁDRŽI	20
<b>3. VODA VE VENKOVSKÉ KRAJINĚ</b>	<b>22</b>
3.1. VLIV ZEMĚDĚLSTVÍ NA KVALITU POVRCHOVÝCH VOD	22
3.2. PESTICIDY	23
3.3. KONTAMINACE VOD VLIVEM VODNÍ EROZE A JEJÍ DŮSLEDKY	24
3.4. PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ	25
3.5. VYUŽITÍ VOD V ZEMĚDĚLSTVÍ	25
3.6. RYBNÍKY A JEJICH VLIV NA EUTROFIZACI VOD	26
<b>4. METODIKA PRÁCE</b>	<b>28</b>
4.1. ZDROJE DAT	28
4.2. POUŽITÉ METODY HODNOCENÍ	28
4.2.1. Hodnocení kvality povrchových vod	28
4.2.2.1. <i>Klasifikace jakosti toku na základě normy ČSN 75 7221</i>	29
4.2.2.2. <i>Norma environmentální kvality</i>	30
4.2.2. Hodnocení bilance látkového odnosu	30
4.2.3. Hodnocení znečištění sedimentů těžkými kovy	31
4.3. CHARAKTERISTIKY ODBĚRNÝCH PROFILŮ A SLEDOVANÝCH UKAZATELŮ KVALITY VODY	32
4.3.1. Odběry vzorků	32
4.3.2. Charakteristika sledovaných profilů	32
4.3.2.1. <i>Profily státní sítě</i>	33
4.3.2.2. <i>Vlastní sledované profily</i>	38
4.3.3. Sledované ukazatele jakosti vod	40
4.3.3.1. <i>Fyzikálně chemické vlastnosti vody</i>	40
4.3.3.2. <i>Anorganické látky ve vodách</i>	41
4.3.3.3. <i>Ukazatele kyslíkového režimu</i>	44
4.3.3.4. <i>Organické látky</i>	45

4.3.3.5. Mikrobiologické a biologické ukazatele .....	46
4.3.3.6. Ostatní ukazatele .....	47
<b>5. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....</b>	<b>48</b>
5.1. FYZICKOGEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA POVODÍ MASTNÍKU .....	48
5.1.1. Geomorfologie území .....	49
5.1.2. Geologická stavba .....	50
5.1.3. Pedologické poměry .....	50
5.1.4. Charakteristika klimatu .....	50
5.1.5. Biogeografické poměry .....	52
5.2. HYDROGRAFICKÉ A ODTOKOVÉ POMĚRY POVODÍ.....	53
5.2.1. Hydrografická charakteristika povodí .....	53
5.2.2. Odtokové poměry povodí .....	54
5.2.3. Měření průtoků .....	55
5.2.4. Povodeň v květnu a červnu 2013 .....	57
5.3. NÁDRŽ SLAPY .....	59
5.4. VYUŽITÍ PLOCH .....	61
5.5. SOCIOEKONOMICKÁ CHARAKTERISTIKA POVODÍ MASTNÍKU .....	62
5.5.1. Zatížení povodí Mastníku obyvatelstvem .....	63
5.5.2. Čistírny odpadních vod v povodí Mastníku .....	66
5.5.2.1. ČOV Kosova Hora .....	67
5.5.2.2. ČOV Sedlčany .....	67
5.5.2.3. Ostatní komunální čistírny odpadních vod .....	68
<b>6. VÝSLEDKY .....</b>	<b>70</b>
6.1. JAKOST POVRCHOVÝCH VOD V POVODÍ TOKU MASTNÍK .....	70
6.1.1. Vyhodnocení vlastního monitoringu .....	70
6.1.1.1. Teplota, vodivost, pH .....	74
6.1.1.2. Sloučeniny dusíku a fosforečnany .....	76
6.1.1.3. Ukazatele kyslíkového režimu a organické látky .....	81
6.1.2. Hodnocení na základě dat od správce toku .....	85
6.1.2.1. Profil Dubliny .....	90
6.1.2.2. Profil Kosova Hora .....	92
6.1.2.3. Profil Radíč .....	96
6.1.3. Shrnutí výsledků o jakosti vod v povodí .....	103
6.1.4. Vyhodnocení vodních útvarů na základě normy environmentální kvality .....	104
6.2. HODNOCENÍ BILANCE LÁTKOVÉHO ODNOSU .....	106
6.3. ZNEČIŠTĚNÍ SEDIMENTŮ .....	108
6.4. KVALITA VOD VE SLAPSKÉ NÁDRŽI A V ZÁTOCE MASTNÍKU .....	108
6.4.1. Stratifikace nádrže podle jednotlivých ukazatelů .....	109



6.4.2. Vyhodnocení tříd jakosti vod ve Slapské nádrži a v zátocě Mastníku .....	114
<b>7. DISKUZE.....</b>	<b>116</b>
<b>8. ZÁVĚR .....</b>	<b>120</b>
<b>9. LITERATURA .....</b>	<b>122</b>
9.1. TIŠTĚNÉ ZDROJE .....	122
9.2. ELEKTRONICKÉ ZDROJE .....	125
9.3. DATOVÉ A MAPOVÉ ZDROJE .....	126
<b>10. PŘÍLOHY .....</b>	<b>128</b>

## Seznam obrázků

Obr. 1: Podíl jednotlivých zdrojů celkového fosforu na zatížení toků v ČR (1996).....	16
Obr. 2: Množství vypouštěného fosforu do povrchových vod v ČR .....	17
Obr. 3: Koncentrace celkového fosforu a chlorofylu-a na Slapské nádrži mezi roky 1959 – 1999	20
Obr. 4: Projevy eutrofizace v zátocě Mastníku při ústí do Slapské nádrže.....	21
Obr. 5: Vodní eroze v povodí Křečovického potoka.....	24
Obr. 6: Podpilný rybník – silo na krmivo pro ryby a projevy eutrofizace .....	27
Obr. 7: Lokalizace sledovaných profilů .....	33
Obr. 8: Profil Strašík .....	34
Obr. 9: Profil Kosova Hora .....	35
Obr. 10: Profil Sedlčany .....	35
Obr. 11: Profil Radíč.....	36
Obr. 12: Profil Dublín .....	37
Obr. 13: Profil Kobylínky .....	38
Obr. 14: Profil Živohošť .....	38
Obr. 15: Profil Dolní Nové Dvory.....	38
Obr. 16: Profil Měšetice.....	39
Obr. 17: Profil Rudolec.....	39
Obr. 18: Zátoka Mastníku.....	40
Obr. 19: Poloha povodí Mastníku a Slapské přehrady .....	48
Obr. 20: Mapa povodí Mastníku.....	49
Obr. 21: Průměrné měsíční srážkové úhrny a teploty ze stanice Radíč (leden 2011 –květen 2013)	51
Obr. 22: Klimatická stanice Rudolec – klimogram za období 2011-2012 .....	52
Obr. 23: Zjednodušená mapa říční sítě a vodních nádrží v povodí Mastníku .....	54
Obr. 24: Průměrné měsíční průtoky za období 1984 – 2012.....	55
Obr. 25: Vývoj průměrných ročních průtoků (1984 – 2012).....	55
Obr. 26: Průtoky na vlastních profilech (duben 2012 – květen 2013).....	56

Obr. 27: Povodeň 2013 – vodoměrná stanice Radíč, meteorologická stanice Rudolec.....	57
Obr. 28: Situace na jezu v Sedlčanech během povodně 2013 .....	58
Obr. 29: Silniční most u Drahnovského mlýna, Mastník (6. 6. 2013).....	58
Obr. 30: Silniční most u obce Dubliny, Křečovický potok (6. 6. 2013) .....	59
Obr. 31: Slapská přehrada .....	59
Obr. 32: Povodí Slapské nádrže .....	60
Obr. 33: Zastoupení krajinného pokryvu v povodí Slapské nádrže .....	61
Obr. 34: Kartodiagram potenciálního zatížení povodí Mastníku živočišnou výrobou .....	63
Obr. 35: Kartodiagram potenciálního zatížení povodí Mastníku obyvatelstvem.....	64
Obr. 36: Lokalizace komunálních ČOV v povodí .....	66
Obr. 37: Chod teplot vody na sledovaných profilech (duben 2012 – červen 2013).....	74
Obr. 38: Průběh konduktivity a průtoku ve vybraných profilech.....	75
Obr. 39: Hodnoty pH v povodí Mastníku (vlastní monitoring) .....	76
Obr. 40: Chod koncentrací N-NH <sub>4</sub> , N-NO <sub>3</sub> v profilu Dolní Nové Dvory a jejich závislost na průtoku.....	77
Obr. 41: Chod koncentrací N-NH <sub>4</sub> , N-NO <sub>3</sub> v profilu Strašík a jejich závislost na průtoku.....	77
Obr. 42: Chod koncentrací N-NH <sub>4</sub> , N-NO <sub>3</sub> v profilu Měšetice a jejich závislost na průtoku.....	78
Obr. 43: Chod koncentrací N-NH <sub>4</sub> , N-NO <sub>3</sub> v profilu Rudolec a jejich závislost na průtoku.....	78
Obr. 44: Chod koncentrací N-NH <sub>4</sub> , N-NO <sub>3</sub> v profilu Dubliny a jejich závislost na průtoku .....	78
Obr. 45: Chod koncentrací N-NH <sub>4</sub> , N-NO <sub>3</sub> v profilu Zátoka Mastníku.....	79
Obr. 46: Chod koncentrací P-PO <sub>4</sub> v profilu DND a jeho závislost na průtoku .....	79
Obr. 47: Chod koncentrací P-PO <sub>4</sub> v profilu Strašík a jeho závislost na průtoku .....	80
Obr. 48: Chod koncentrací P-PO <sub>4</sub> v profilu Měšetice a jeho závislost na průtoku.....	80
Obr. 49: Chod koncentrací P-PO <sub>4</sub> v profilu Rudolec a jeho závislost na průtoku .....	80
Obr. 50: Chod koncentrací P-PO <sub>4</sub> v profilu Dubliny a jeho závislost na průtoku .....	81
Obr. 51: Chod koncentrací P-PO <sub>4</sub> v profilu Zátoka Mastníku .....	81
Obr. 52: Závislost koncentrací rozpuštěného O <sub>2</sub> na teplotě vody (červená křivka, vlastní profily) ..	82
Obr. 53: Chod koncentrací BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Mn</sub> v profilu Dolní Nové Dvory a jejich závislost na průtoku .....	83
Obr. 54: Chod koncentrací BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Mn</sub> v profilu Strašík a jejich závislost na průtoku .....	83
Obr. 55: Chod koncentrací BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Mn</sub> v profilu Měšetice a jejich závislost na průtoku.....	84
Obr. 56: Chod koncentrací BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Mn</sub> v profilu Rudolec a jejich závislost na průtoku .....	84
Obr. 57: Chod koncentrací BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Mn</sub> v profilu Dubliny a jejich závislost na průtoku .....	85
Obr. 58: Chod koncentrací BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Mn</sub> v profilu Zátoka Mastníku.....	85
Obr. 59: Dlouhodobý roční chod koncentrací N-NH <sub>4</sub> , N-NO <sub>3</sub> v profilu Dubliny.....	90
Obr. 60: Vývoj koncentrací N-NO <sub>3</sub> v profilu Dubliny .....	90
Obr. 61: Dlouhodobý roční chod koncentrací P-PO <sub>4</sub> , P <sub>C</sub> v profilu Dubliny .....	91
Obr. 62: Vývoj koncentrací P <sub>C</sub> v profilu Dubliny .....	91
Obr. 63: Závislost koncentrací O <sub>2</sub> na teplotě vody v profilu Dubliny (2007 – 2012) .....	91
Obr. 64: Dlouhodobý roční chod koncentrací BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , TOC v profilu Dubliny .....	92
Obr. 65: Vývoj koncentrací BSK <sub>5</sub> v profilu Dubliny .....	92

Obr. 66: Dlouhodobý roční chod koncentrací N-NH <sub>4</sub> , N-NO <sub>3</sub> v profilu Kosova Hora .....	93
Obr. 67: Vývoj koncentrací N-NO <sub>3</sub> ; profil Kosova Hora .....	93
Obr. 68: Dlouhodobý roční chod koncentrací P-PO <sub>4</sub> , P <sub>C</sub> v profilu Kosova Hora .....	94
Obr. 69: Vývoj koncentrací P <sub>C</sub> v profilu Kosova Hora .....	94
Obr. 70: Závislost koncentrací O <sub>2</sub> na teplotě vody v profilu Kosova Hora (1995 – 2012).....	94
Obr. 71: Dlouhodobý roční chod koncentrací BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , TOC v profilu Kosova Hora .....	95
Obr. 72: Vývoj koncentrací BSK <sub>5</sub> v profilu Kosova Hora.....	95
Obr. 73: Vývoj koncentrací FKOLI v profilu Kosova Hora.....	95
Obr. 74: Dlouhodobý roční chod koncentrací N-NH <sub>4</sub> , N-NO <sub>3</sub> v profilu Kosova Hora.....	97
Obr. 75: Závislost koncentrací N-NH <sub>4</sub> a N-NO <sub>3</sub> na průtocích v profilu Radíč .....	97
Obr. 76: Vývoj koncentrací N-NO <sub>3</sub> v profilu Radíč .....	97
Obr. 77: Závislost koncentrací N-NO <sub>3</sub> na průtocích a roční době v profilu Radíč (1996 – 2012) ..	98
Obr. 78: Dlouhodobý chod koncentrací P-PO <sub>4</sub> , P <sub>C</sub> v profilu Radíč .....	99
Obr. 79: Závislost koncentrací P-PO <sub>4</sub> , P <sub>C</sub> na průtocích v profilu Radíč .....	99
Obr. 80: Vývoj koncentrací P <sub>C</sub> ; profil Radíč .....	99
Obr. 81: Závislost koncentrací O <sub>2</sub> na teplotě vody v profilu Radíč.....	100
Obr. 82: Dlouhodobý chod koncentrací BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> a TOC v profilu Radíč.....	100
Obr. 83: Závislost koncentrací BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> a TOC na průtocích v profilu Radíč .....	100
Obr. 84: Vývoj koncentrací BSK <sub>5</sub> v profilu Radíč .....	101
Obr. 85: Závislost koncentrací BSK <sub>5</sub> na průtocích a roční době v profilu Radíč (1996 -2012) ....	102
Obr. 86: Vývoj koncentrací chlorofylu v profilu Radíč .....	102
Obr. 87: Výsledná jakost povrchových vod v povodí Mastníku .....	103
Obr. 88: Látkový odnos BSK <sub>5</sub> a N-NO <sub>3</sub> v povodí Mastníku v roce 2012 .....	107
Obr. 89: Poloha profilů Kobylníky a Živohošť na Slapské nádrži.....	109
Obr. 90: Vývoj teplotní stratifikace v nádrži Slapy na profilu Kobylníky v roce 2012 .....	110
Obr. 91: Vývoj pH v nádrži Slapy na profilu Živohošť v roce 2012 .....	110
Obr. 92: Vývoj koncentrací fosforu v nádrži Slapy na profilu Kobylníky v roce 2012 .....	111
Obr. 93: Průměrné koncentrace celkového fosforu v nádrži Slapy (2005 – 2012) .....	111
Obr. 94: Průměrné koncentrace dusičnanového dusíku v nádrži Slapy (2005 – 2012) .....	112
Obr. 95: Průměrné koncentrace chlorofylu v nádrži Slapy (2005 – 2012) .....	113
Obr. 96: Průměrná teplota vody v nádrži Slapy (2005 – 2012).....	113
Obr. 97: Vývoj nasycení kyslíkem v nádrži Slapy na profilu Kobylníky v roce 2012.....	113
Obr. 98: Srovnání průměrné stratifikace na sledovaných profilech (2005 – 2012).....	114

## Seznam tabulek

Tab. 1: Charakteristika tříd jakosti podle ČSN 75 7221 .....	29
Tab. 2: Limitní hodnoty NEK pro vybrané ukazatele.....	30
Tab. 3: Mezní hodnoty koncentrací a požadových hodnot těžkých kovů v půdě .....	31
Tab. 4: Rozpustnost kyslíku ve vodě při tlaku 101 325 Pa .....	44
Tab. 5: Základní hydrografické údaje o tocích v povodí Mastníku.....	53

Tab. 6: Průměrné M – denní průtoky (1995 – 2012).....	54
Tab. 7: Průměrné M-denní průtoky .....	61
Tab. 8: Potenciální znečištění povodí obyvatelstvem .....	65
Tab. 9: Přehled výsledků ČOV Kosova Hora za rok 2012 .....	67
Tab. 10: Přehled výsledků ČOV Sedlčany za rok 2012 .....	68
Tab. 11: Přehled výsledků ČOV Jesenice za rok 2012.....	69
Tab. 12: Dostupné údaje o ostatních ČOV .....	69
Tab. 13: Jakost vod ve vodním útvaru Mastník po soutok se Sedleckým potokem (vlastní monitoring).....	71
Tab. 14: Jakost vod ve vodním útvaru Sedlecký potok po ústí do toku Mastník (vlastní monitoring) .....	72
Tab. 15: Jakost vod ve vodním útvaru Křečovický potok po ústí do toku Mastník a v zátoce Mastníku (vlastní monitoring) .....	73
Tab. 16: Jakost vod v útvaru Mastník po soutok s tokem Sedlecký potok (PVL) .....	86
Tab. 17: Jakost vod v útvaru Sedlecký potok po ústí do toku Mastník (PVL).....	88
Tab. 18: Jakost vod ve vodních útvarech Mastník po vzdutí nádrže Slapy a Křečovický potok po ústí do toku Mastník (PVL).....	89
Tab. 19: Pearsonův korelační koeficient pro závislost kvality vody na průtoku .....	96
Tab. 20: Vybrané ukazatele jakosti vody v povodí Mastníku a jejich porovnání s NEK (2012)....	105
Tab. 21: Vybrané ukazatele jakosti vody v povodí Mastníku a jejich porovnání s NEK (2012, ostatní útvary) .....	106
Tab. 22: Látkový a specifický látkový odnos v povodí Mastníku, vybrané ukazatele .....	107
Tab. 23: Obsah těžkých kovů a zařazení do jakostních tříd .....	108
Tab. 24: Klasifikace stavu trofie nádrže na základě koncentrace chlorofylu .....	113
Tab. 25: Jakost vod na profilech Kobylínky a Živohošť .....	115
Tab. 26: Jakost vod na profilu zátoka Mastník.....	115

## Seznam příloh

Příloha 1: Mezní hodnoty tříd jakosti vod vybraných ukazatelů .....	128
Příloha 2: Seznam vodních nádrží v povodí .....	128
Příloha 3: Pravděpodobnost překročení průtoku .....	130
Příloha 4: Velikost průtoků a jejich podíl na odtoku (vlastní měření) .....	131
Příloha 5: Největší průmysloví producenti odpadních vod v povodí v roce 2004 .....	131
Příloha 6: Profil Dolní Nové Dvory .....	133
Příloha 7: Profil Strašík .....	134
Příloha 8: Profil Měšetice .....	135
Příloha 9: Profil Rudolec .....	136
Příloha 10: Profil Dubliny.....	137
Příloha 11: Profil Zátoka Mastníku .....	138

# 1. Úvod

Voda je základní složkou životního prostředí a je nepostradatelná pro existenci života na Zemi. S vývojem lidské společnosti došlo k výrazným změnám v přirozeném fungování ekosystémů a vodní prostředí nebylo výjimkou. Člověk svou činností ovlivňuje nejen odtokové poměry v povrchových vodách, ale také kvalitu vod a tím i celé vodní ekosystémy, které přestávají plnit své ekologické funkce. Tyto změny pak ovlivňují životní prostředí a lidskou společnost. Vzhledem k významu a funkci vody je nutné její ochranu považovat za prioritní úkol lidské společnosti.

V České republice se nachází pouze horní úseky toků, které odvádějí vodu mimo území státu, a proto by se měla věnovat dostatečná pozornost hospodaření s vodními zdroji. Dále je nutné omezit zdroje znečištění a zabránit tak zhoršování jakosti v povrchových vodách. Tato problematika je již několik let centrem pozornosti při otázkách řešení ochrany životního prostředí. Díky vhodným opatřením dosáhla kvalita vod po roce 1990 na významných tocích výrazného zlepšení. Avšak problémy přetrvávají na menších tocích, a to především v zemědělských oblastech. Mezi tyto toky patří také Mastník.

I přes rozsáhlé investiční akce po roce 2004 do sanace komunálních odpadních vod je kvalita vody v povodí Mastníku nízká. Problémem zůstávají menší sídla a také způsoby hospodaření na zemědělských půdách. Cílem této práce je proto zhodnocení jakosti povrchových vod a posouzení významu antropogenních zdrojů znečištění v povodí. Dalším cílem je zhodnocení vlivu Mastníku na vodní nádrž Slapy, a to s ohledem na problémy spojené s eutrofizací vod. Eutrofizace je i přes snižování přísunu živin do povrchových vod stále velkým problémem, který je patrný především v nádržích.

Podnětem pro zvolení tohoto tématu byla vlastní bakalářská práce, která na základě dostupných dat nedostatečně mapovala vývoj jakosti vod v povodí. Nemalou úlohu také sehrálo mé bydliště v Sedlčanech a osobní vztah k tomuto území.

## 2. Eutrofizace

Lidská společnost produkuje značné množství látek, které mají vliv na životní prostředí. Mezi nimi se vyskytují takové, které ovlivňují ekosystémy velmi negativně. Na druhou stranu jsou produkovány také látky, které ve své podstatě nejsou jedovaté, avšak při zvýšení jejich vypouštění do přírodních ekosystémů mají negativní dopad na řadu přírodních funkcí. Mezi tyto látky řadíme i tzv. nutrienty (živiny), které mají vliv na úživnost (trofii) povrchových vod. V případě výrazného obohacení vodních ekosystémů živinami, dochází k nárůstu biomasy řas a vyšších rostlin (Hejzlar a kol. 2000). V této souvislosti se hovoří o eutrofizaci. Látky, které k tomuto procesu přispívají, jsou na seznamu hlavních znečišťujících látek v rámci směrnice Evropského parlamentu a rady 2008/105/ES. Jedná se především o fosforečnany a dusitany. Dále se do eutrofizačních procesů zapojuje také křemík, který je nezbytný pro růst rozsivek (Pitter 2009). Eutrofizace je považována za nežádoucí a projevuje se řadou změn ve vodních ekosystémech. Ovlivňuje kvalitu vody a má vliv na ekologickou rovnováhu (Kočí a kol. 2000). Vyskytují se studie, které považují eutrofizaci za přirozený jev. Opírají se přitom o přirozený koloběh nutrientů pocházejících z antropogenně neovlivněných hornin a půd. Především popisují požadované koncentrace fosforu (Gowan a kol. 1999). Ale moderní výzkumy ukazují, že tento přirozený zdroj fosforu má jen malé procentuální zastoupení z jeho celkové bilance (Sýkora a kol. 2012). Eutrofizaci lze dělit na přirozenou, která je nevratná a probíhá i bez přispění člověka a na indukovanou, tedy ovlivněnou lidskou činností (Štěpánek, Červenka 1974). Na část o eutrofizaci navazuje kapitola, která se zabývá vodou ve venkovské krajině. Tato témata se vzájemně prolínají a doplňují.

### 2.1. Definice pojmu

Během dlouhého výzkumu zabývajících se eutrofizací byla publikována celá řada definic. Ve své podstatě se definice shodují, že eutrofizace představuje nadměrné obohacování vod živinami, které velmi podporují růst řas a vyšších rostlin. To vede k nežádoucím poruchám rovnováhy ve vodních ekosystémech (Foller 2012). Eutrofizace je tedy souhrn přírodních a uměle vyvolaných procesů vedoucích k růstu obsahu organických živin ve stojatých a tekoucích vodách. Samotný proces je přírodní děj, ale vlivem lidské činnosti pozbyl tento děj své přirozené vlastnosti. Přirozená eutrofizace je způsobena zejména uvolňováním dusíku a fosforu z půd, reaktivací těchto látek ze sedimentů a z rozkládajících se vodních organismů. Indukovaná, neboli umělá eutrofizace je způsobena zemědělskou činností, vypouštěním průmyslových odpadních

vod, používáním pracích a čisticích prostředků obsahujících sloučeniny fosforu a zvýšenou produkcí komunálních odpadních vod (Smith a kol. 1999).

## **2.2. Projevy a důsledky eutrofizace ve vodním prostředí**

Eutrofizace povrchových vod je problémem většiny zemí. Nadměrná eutrofizace povrchových vod zasáhla Evropu v 2. polovině 20. století, kde hlavní příčinou bylo intenzivní a velkoplošné hnojení zemědělských ploch a exponenciální růst lidské populace (Kočí a kol. 2000). Vzhledem k neutěšenému stavu koncentrace živin ve vnitrozemských vodách a jejich následný vliv na příbřežní části moří jsou v Evropě zavedeny tzv. citlivé oblasti, kde jsou přísnější emisní limity pro vypouštění odpadních vod. Díky poloze České republiky, kdy jejím územím prochází hlavní evropské rozvodí a nacházejí se zde pramenné oblasti významných evropských toků, které následně přispívají k eutrofizaci Severního, Baltského a Černého moře, je celé její území označeno za citlivou oblast (Punčochář, Desortová 2003).

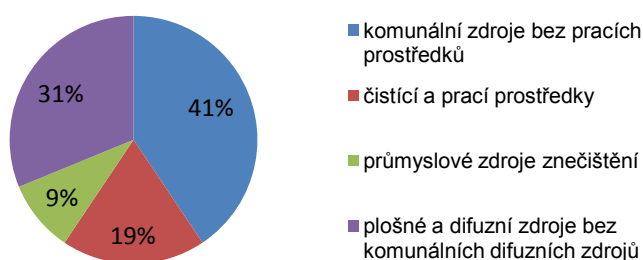
Samotné obohacení vodního prostředí nutrieny ještě nevede k eutrofizaci. Ta je podmíněna výrazným rozvojem fytoplanktonu (sinic, řas, rozsivek). K tomuto nárůstu dochází obvykle v letních měsících, avšak eutrofizace je závislá i na jiných faktorech, než je koncentrace fosforu nebo dusíku. Na eutrofizaci má také vliv průtok, hloubka, čistota vody, teplota, zastínění atd. (Dodds 2007). Nadměrný nárůst fytoplanktonu způsobuje problémy vyšším rostlinám a vede k jejich úhynu. Důsledkem pak je i snížená samočisticí schopnost řek a nádrží. Fytoplankton u hladiny nepropouští sluneční paprsky k organismům ve větších hloubkách, a to vede k úbytku citlivých organismů. Ty jsou nahrazeny odolnějšími organismy a tím se snižuje druhová bohatost, což vede k dalším a mnohdy nevratným změnám. Z toho je patrné, že eutrofnní vody jsou vysoce produktivní, avšak podmínky svědčí jen úzké škále organismů (Kočí a kol. 2000). Dalším závažným problémem je narušení kyslíkového režimu. Během dne se při hladině vytváří podmínky přesycení kyslíkem. Kyslík se do vody dostává především díky fotosyntéze autotrofního fytoplanktonu. Opak nastává v noci, kdy vlivem respirace je kyslík spotřebováván. Tímto ve vodě vzniká anoxické prostředí, které je nepřijatelné pro jiné organismy. Velké množství odumřelých organismů klesá ke dnu, kde dochází k jejich rozkladu a také se snižuje množství rozpuštěného kyslíku. U dna tedy vznikají další bezkyslíkové zóny (Lellák 1991). Tyto změny v dynamice přísunu živin a kyslíku mohou měnit funkce ekosystému (Fleeger a kol. 2003). Předchozí text se věnuje především eutrofizaci v nádržích. V tekoucích vodách nejsou zmiňované vlivy eutrofizace zpravidla tak nápadné (Desortová 2012). Vyhodnocení eutrofizace je v takovýchto místech složité, protože rozvoj fytoplanktonu závisí také na hydrologických parametrech toku (Pitter 2009).

Eutrofizace činí problémy i lidské společnosti. Například ve vodárenských provozech, kde dochází k zanášení filtrů, zhoršování organoleptických vlastností upravené vody, vzniku sekundárního mikrobiálního znečištění. V horších případech dochází k uvolňování hygienicky nepříjemných látek do pitné vody (Sládečková 2000). Lidé jsou také ohroženi při rekreačním využití eutrofizovaných vodních ploch. Mnohé druhy sinic produkují toxické látky, které při zvýšeném množství působí na citlivé jedince v podobě vyrážek, otoků a zánětu očních spojivek (Kočí a kol. 2000).

### 2.3. Nutrienty a jejich zdroje

Mezi významné živiny patří dusík a fosfor. Jsou to biogenní prvky, které zásadním způsobem ovlivňují primární produkci sinic a řas. Pro optimální růst je jejich poměr zhruba 100 : 1 ve prospěch dusíku. Z toho vyplývá, že fosfor je limitujícím prvkem eutrofizace a s růstem jeho koncentrace v povrchových vodách roste i produkce sinic a řas (Smith a kol. 1999). Je-li tento poměr nižší než 16 : 1, je limitujícím prvkem dusík. To se většinou týká jen marinních ekosystémů (Šimek 2003). Mezi těmito nutrienty existují významné rozdíly. Sloučeniny dusíku jsou ve vodě dobře rozpustné na rozdíl od fosforečnanů. Tyto látky mají také odlišnou genezi. Zatímco sloučeniny dusíku pocházejí především z plošných a difuzních zdrojů (75 %), u fosforu převažují komunální zdroje (59 %). Podíl jednotlivých zdrojů antropogenního fosforu je znázorněn kruhovým grafem na obrázku 1. Tomuto faktu by měly odpovídat i způsoby, jak snížit koncentraci nutrientů ve vodách (Pitter 2006). Více informací o jednotlivých sloučeninách dusíku a fosforu je uvedeno v kapitole 4.3.3.2.

Obr. 1: Podíl jednotlivých zdrojů celkového fosforu na zatížení toků v ČR (1996)



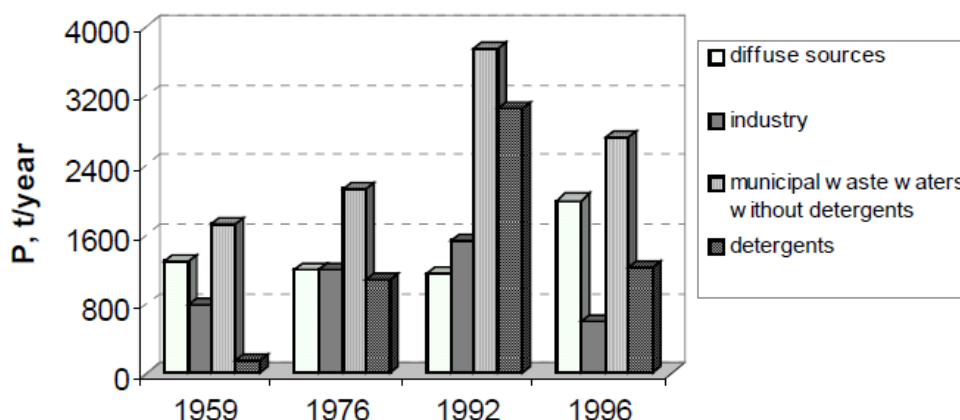
Zdroj: Nesměrák in Pitter 2002

Limitujícím prvkem eutrofizace povrchových vod je tedy fosfor. Odhaduje se, že ročně se vypustí do našich povrchových vod 10 000 až 20 000 tun fosforečnanů (Kočí a kol. 2000). Antropogenním zdrojem fosforečnanů jsou odpadní vody z prádel a textilního průmyslu, komunální odpadní vody a fosforečnanová



hnojiva. Celkový podíl činností, které produkují fosforečnany, se v průběhu let mění. Na obrázku 2 je vidět celkové množství vypouštěného fosforu do povrchových vod v letech 1959, 1976, 1992 a 1996 (t/rok). Znázorněné roky představují různé etapy ve vypouštění fosforečnanů do recipientů. Graf znázorňuje bílé difúzní zdroje, šedivou barvou je značen průmysl, světlé šedivé sloupce odpovídají komunálním zdrojům bez detergentu a tmavě šedivá barva ukazuje množství fosforu pocházející právě z detergentů. Za detergenty jsou označovány prací a mycí prostředky.

Obr. 2: Množství vypouštěného fosforu do povrchových vod v ČR



Zdroj: Hejzlar a kol. 2000

Období mezi roky 1950 – 1960 bylo charakteristické relativně nízkým podílem obyvatel připojených ke kanalizační síti a nízkým používáním syntetických detergentů, ve kterých byla vysoká koncentrace fosforu. Nízký podíl odpadních vod byl čištěn na čistíčkách odpadních vod (ČOV). Jak je z obrázku patrné, tak nejdůležitějšími zdroji fosforu byly komunální odpadní vody a difúzní znečištění. V letech 1960 – 1970 se projeví dvě tendence ve vypouštění fosforu. Za prvé se zvýšil podíl obyvatel připojených ke kanalizaci a za druhé došlo k nárůstu využívání syntetických čisticích prostředků. Tyto dva jevy stály za značným zvýšením vstupu fosforu do povrchových vod. Tento trend pokračoval až do roku 1990. Vzrostl také podíl odpadních vod ošetřených v ČOV, avšak technologie na odstranění fosforu byly používány jen zřídka. Po roce 1990 došlo k poklesu přísunu fosforu do povrchových vod. Tento jev je přisuzován nárůstu počtu ČOV s účinnějším systémem odstraňování fosforu a přechodu k výrobě bezfosfátových detergentů (Hejzlar a kol. 2000). V pracích prostředcích byly fosfáty nahrazeny zeolity. Otázkou zůstává, do jaké míry jsou tyto sloučeniny nebezpečné pro životní prostředí (Kočí a kol. 2000). Nejdůležitějším zdrojem znečištění fosforem stále zůstávají komunální odpadní vody. Od roku 1997

dochází k nárůstu vlivu plošných zdrojů znečištění, a to díky častým extrémním událostem v odtokovém režimu našich toků.

## 2.4. Možnosti monitoringu úživnosti vod

Při zjišťování eutrofizace vod se využívají fyzikálně-chemické a biologické rozborů. Fyzikálně-chemické analýzy se zabývají jakostí vody, kde se stanovuje především koncentrace dusíku a fosforu. Dalším důležitým parametrem je obsah kyslíku, který se zjišťuje i ve vertikálním profilu nádrží. Při biologických rozbořech se kromě určení převažujících druhů zjišťuje i trofický potenciál. Používají se různé koncentrace testovaných vzorků, ty se následně hodnotí pomocí nárůstu biomasy či změnami rychlosti růstu. V poslední době se uplatňuje technologie, které umožňují měřit koncentraci chlorofylu přímo v terénu. K tomu se využívá fluorescenční spektrometrie (Kelly a kol. 1998). Mezi další ukazatele patří také průhlednost vody, kde se srovnává doba před rozvojem fytoplanktonu a ve vegetačním období (Pitter 2009).

Eutrofizace je často spojována se změnami v úživnosti vod. Jen v odborných kruzích je spojena s fosforem. Její vliv je významný především ve vodních nádržích, kde způsobuje vegetační zákaly a v letním období již několikrát zmiňovaný rozvoj sinic a vodního květu. Tyto na první pohled patrné projevy eutrofizace ale nejsou klíčovými ukazateli trofie vody. Tu mnohem lépe dokumentuje obsah fosforu, a proto by měl být používán jako primární indikátor pro hodnocení eutrofizace v nádržích. Ostatní ukazatele by sloužily jen jako doplňkové (Rosendrof a kol. 2012). Přirozená eutrofizace vede ke stárnutí jezer, kdy dochází k přeměně oligotrofních jezer na eutrofní. Podle množství celkového fosforu obsaženého ve vodách lze rozdělit vody podle jejich úživnosti:

oligotrofní	$P_C < 10 \mu\text{g.l}^{-1}$	
oligo-mesotrofní	$P_C 10\text{-}20 \mu\text{g.l}^{-1}$	
mesotrofní	$P_C 20\text{-}50 \mu\text{g.l}^{-1}$	
eutrofní	$P_C 50\text{-}100 \mu\text{g.l}^{-1}$	
hypertrofní	$P_C > 100 \mu\text{g.l}^{-1}$	(Kočí a kol. 2012)

## 2.5. Řešení problému eutrofizace

Eutrofizace je velice složitý a komplikovaný proces, proto ani jeho řešení není jednoduché a musí se k němu přistupovat komplexně. Zamezování příčin může probíhat buď v povodí, tedy u zdroje odpadních látek, nebo pouze v nádržích, kde se řeší spíše už následky. Nejjednodušším a nejúčinnějším způsobem je prevence. Je tedy nutné předcházet znečišťování vod látkami, které podporují růst sinic a řas. Prevencí se rozumí omezení vypouštění odpadních vod do recipientu, ať již intenzifikací ČOV zavedením třetího stupně čištění, či zavedením jiných, levnějších řešení

(př.: BAT popsán Follerem 2012). Mezi taková řešení by mohlo patřit snížení vypouštění odpadních vod z domácností a zamezení únikům nečištěných vod do recipientu. Jedná se tedy především o pokles zatížení vodních útvarů z bodového, respektive difuzního znečištění. Tyto bodové zdroje znečištění jsou prostorově ohraničené a v porovnání s potenciálními plošnými zdroji jsou investice mnohem efektivnější (Sýkora a kol. 2012). Plošné zdroje se dají redukovat snížením eroze na zemědělských půdách, které ale vzhledem k používanému množství a druhu hnojiv nepředstavují v současné době primární zdroj fosforečnanů. Je nutné se zaměřit na srážkově extrémní situace, při kterých dochází k výraznějším splachům. Takto znečištěná voda se rychle dostává do nádrží a dolních úseků toků. Pozitivní vliv mohou mít také malé rybníky, které snižují koncentrace fosforu a dusíku, avšak tyto nádrže vyžadují individuální management (Boaquin a kol. 2002). V našich podmínkách jsou rybníky většinou využívány k chovu ryb a tato činnost vede naopak k dalšímu růstu koncentrace nutrientů v povodí. Více o této problematice v kapitole 3.5.

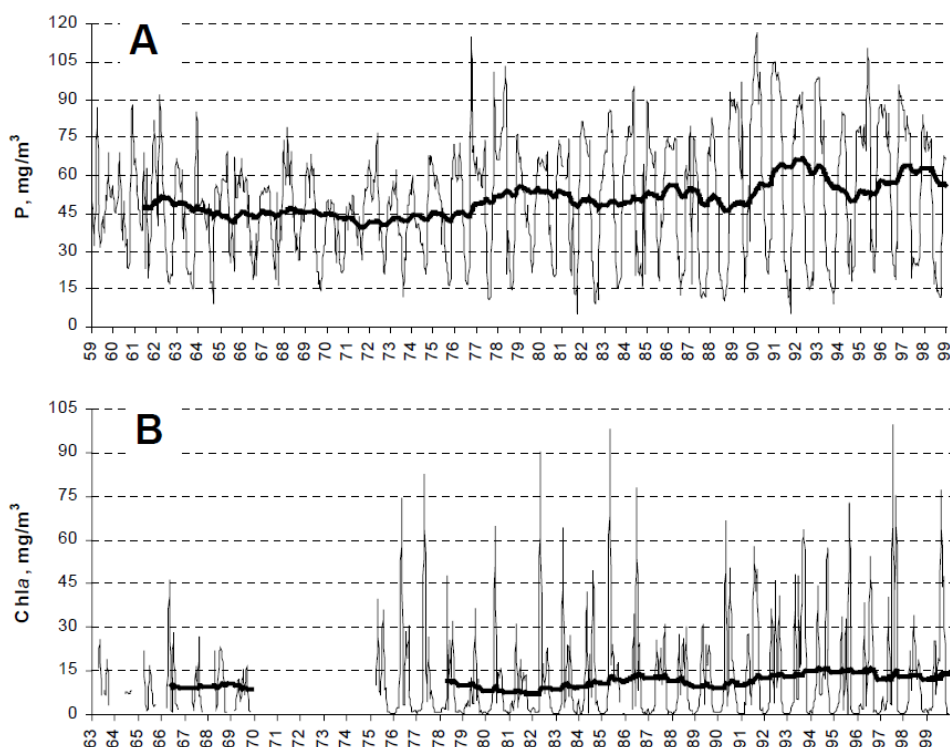
Další možností je zamezování eutrofizace vod v nádržích. Nutrienty se do těchto vodních ploch dostávají vlivem špatné asanace v povodí. Tento stav by se dal vyřešit několika způsoby, a to buď chemicko-fyzikálními postupy, které vedou k zamezení růstu a hubení sinic a řas. U těchto přípravků se však potýkáme s mnoha problémy, mezi které patří určení vhodného množství dávkované látky, způsob nasazení látky do vodního prostředí a problém s následným znečištěním po rozpadu sinic a úhynu organismů. Dalšími přípravky je možné zamezit srážecí reakci fosforu. Příkladem může být australský přípravek PHOSLOCK, který se vstříkuje do vodních ploch s cílem snížit koncentraci biologicky dostupného fosforu (Kocí a kol. 2000). V menších nádržích může být řešením vybagrování svrchní vrstvy sedimentů, bohaté na fosfor. Další možností je provzdušňování sedimentů, kdy se zabrání vzniku anoxického prostředí u dna. Metodou, která se využívá především u menších vodárenských nádrží, je zastínění. To zabraňuje přístupu slunečním paprskům a snižuje fotosyntézu. K tomu mohou sloužit například stromy v břehové zóně okolo nádrže, či různé plachty a podobná řešení (Rödllová 2002). Dále se literatura zmiňuje o možnostech změny rybí obsádky, umělé cirkulaci vodní masy v nádrži, či o sklízení porostů vodního květu z hladin nádrží.

V současné době se věnuje zvýšená pozornost problematice odstraňování fosforu v souvislosti se závazky České republiky (ČR) vůči Evropské unii (EU). Jedná se o oblast dosažení „Dobrého stavu povrchových vod“, které musí být docíleno do roku 2015 (Foller 2012).

## 2.6. Trendy eutrofizace na Slapské nádrži

Na Slapské přehradě je vývoj eutrofizace zdokumentován pomocí koncentrací fosforu a chlorofylu. Koncentrace fosforu jsou zjišťovány od roku 1959 v nepřerušené řadě. Oproti tomu koncentrace chlorofylu-a jsou zjišťovány od roku 1963 a to s velkou časovou prodlevou mezi roky 1970 – 1975. Časový vývoj koncentrací (viz obr. 3), byl značně ovlivněn velikostí průtoků a množstvím zadrženého fosforu na horním toku Vltavy, především Orlickou přehradní nádrží uvedenou do provozu v roce 1963. Retenční schopnost fosforu je v Orlické nádrži zhruba 40 – 50% z celkového množství. Tento fakt vysvětluje mírný pokles v průměrné celkové koncentraci fosforu ve Slapské nádrži navzdory všeobecnému růstu (graf A) (Hejzlar a kol. 2000). Po roce 1975 dochází k růstu koncentrací fosforu až k maximu v roce 1992, kdy v nádrži dosáhla přibližně  $70 \text{ mg/m}^3$ . Od tohoto roku převažuje mírný pokles koncentrace, což může být považováno za začátek dlouhodobého snižování koncentrací fosforu v závislosti na omezení vstupů fosforečnanů do povrchových vod. Podobné oscilace a dlouhodobý růstový trend lze spatřit i v koncentraci chlorofylu (graf B). Maximální koncentrace chlorofylu byla naměřena v roce 1994, a to téměř  $17 \text{ mg/m}^3$ . Informace o aktuálních stavech koncentrací celkového fosforu a chlorofylu jsou v kapitole 6.4.1.

Obr. 3: Koncentrace celkového fosforu a chlorofylu-a na Slapské nádrži mezi roky 1959 – 1999



Zdroj: Hejzlar a kol. 2000

Na počátku sledovaného období dosahovala koncentrace fosforu přibližně  $50 \text{ mg/m}^3$ , ale tuto hodnotu nelze brát za přírodní trofický stav. Bohužel i tento údaj představuje poměrně vysoce eutrofizovaný vodní útvar. Pokud se vezmou v potaz retenční schopnosti Vltavské kaskády, měla by přibližná hodnota celkového fosforu ( $P_C$ ) ve Slapské nádrži dosahovat hodnoty okolo  $25 \text{ mg/m}^3$ . Tato koncentrace by měla sloužit jako cíl pro budoucí dosažení dobrého ekologického stavu, a proto je potřeba nadále snižovat přísun fosforu do povrchových vod. Prioritním cílem by mělo být jeho odstranění z komunálních vod (Hejzlar a kol. 2000)

Obr. 4: Projevy eutrofizace v zátocě Mastníku při ústí do Slapské nádrže



Zdroj: vlastní foto (15. 9. 2012)

### 3. Voda ve venkovské krajině

Kvalita vod dosáhla od roku 1990 v ČR zásadních změn. Došlo k výraznému zlepšení jakosti vod na významných tocích, především v povodí Labe (Janský 2002). O to více se v posledních letech věnuje pozornost menším tokům ve venkovských oblastech, kde problémy s jakostí vody přetrvávají nebo se dokonce zvětšují (Langhammer, Kliment 2006). Problémem jsou jak bodové zdroje znečištění, v případě roztroušené zástavby difúzní zdroje znečištění, tak také plošné zdroje, především zemědělství. U malých venkovských sídel je největším problémem sanace komunálních odpadních vod. Chybějí čistírny odpadních vod, kanalizace. Odpadní vody jsou přímo vypouštěny do vodních zdrojů, anebo jsou zachytávány v jímácích zařízeních. Avšak problémem těchto zařízení je jejich funkčnost a nutnost pravidelné údržby. V mnoha případech jsou tyto jímky netěsné, nebo dokonce vybavené přepadem a odpadní voda se tak dostává do okolního prostředí. Důležitým krokem je tedy zajistit odpovídající způsob sanace. Vzhledem k finanční náročnosti je jasné, že nelze všude vybudovat čistírny odpadních vod. V našem prostředí se jeví jako nejlepší řešení zlepšení zadržení odpadních vod v jímkách, odkud by byla následně vyvážena do spádové čistírny odpadních vod s dostatečnou kapacitou (Janský, Pivokonský 2001).

#### 3.1. Vliv zemědělství na kvalitu povrchových vod

Nedílnou součástí venkovské krajiny jsou zemědělské plochy, které tvoří v mnoha povodích převládající krajinnou matici. Zemědělsky intenzivně využívané plochy značně ovlivňují odtokové režimy drobných vodních toků a podílí se na kvalitě vody, hydrobiologii toku a stavu vodních ekosystémů. Kromě povrchových vod jsou ovlivňovány i podpovrchové vody.

Charakteristickou vlastností drobných vodních toků v zemědělské krajině je velká rozkolísanost průtoků. Rozpětí mezi minimálními a maximálními průtoky je značné. Vzhledem k malým vodnostem toků dochází k menšímu stupni ředění odpadních vod, díky tomu jsou zásahy do vodních ekosystémů mnohem výraznější než v případě velkých toků (Janský, Pivokonský 2001). Základní odtok, který převažuje při malých průtocích, je tvořen podzemní vodou z hloubek, které zpravidla nejsou tolik kontaminovány dusičnany. Naopak při růstu průtoků se do odtoku zapojují mělké vrstvy a zranitelnější kolektory (Kvítek, Doležal 2003). Povodňové průtoky disponují velkou energií (velká rychlost a množství unášeného materiálu). To se projevuje destrukční, transportní a erozní aktivitou. Právě na těchto menších tocích se projevuje jeden z největších problémů – vodní eroze. Vlivem značné členitosti území ČR je náchylná k erozi většina půd (Němec, Hladný 2006). Vlivem eroze dochází k plošnému

znečišťování vodních toků, a to především látkami, které jsou antropogenně přidávány na plochy orné půdy. Jedná se především o dusíkatá a fosforečná hnojiva a různé pesticidy. Tyto látky se díky splachu z nesprávně využívaných ploch dostávají do recipientů a způsobují problémy ve vodních tocích, mimo jiné i eutrofizaci. Vyjma chemických a biologických změn ve vodě, dochází k zanášení koryt a nádrží v povodích, což značně ovlivňuje průtoky a odtok vody z krajiny. Dusičnany, které jsou snadno rozpustné ve vodě, pochází ze 75 % z plošných a difuzních zdrojů (Pitter 2009). Oproti tomu značná část fosforečnanů, které se používají v minerálních hnojivech, je zadržována v rostlinné biomase a také v půdě díky biologickým, chemickým a sorpčním pochodům. Po roce 1990 došlo k výraznému snížení objemu rostlinné i živočišné produkce a rovněž k redukci používaných průmyslových hnojiv (Janský, Judová 2005). Samotná spotřeba minerálních hnojiv je v ČR v současné době mnohem nižší než činí průměr ve státech EU. Pokles mezi roky 1990 – 1999 byl natolik razantní, že se značně snížily produkční schopnosti půd. Tento pokles je nutné zastavit a pokusit se srovnat poměry produkční schopnosti půd se státy EU. Na tuto skutečnost je nutné brát ohledy vzhledem ke snaze snižovat množství nutrientů přecházejících do povrchových vod ze zemědělství (Pitter 2002). Problémem tedy není množství používaných hnojiv, ale spíš způsob jejich aplikace a stav zemědělských ploch. Více informací o dusičnanech je v kapitole 4.3.3.2.

### **3.2. Pesticidy**

Vyjma zmiňovaných nutrientů, především tedy dusíkatých látek, jsou dalším významným zdrojem znečištění vod pesticidy (Tlapák 1992). Pesticidy se dělí na insekticidy, fungicidy a herbicidy. Tyto umělé látky se využívají k ochraně zemědělských, zahradních a lesních rostlin. Dále se uplatňují i při skladování a zpracování zemědělských produktů (Schováňková a kol. 2012). Zejména vlivem velkého množství herbicidů se tyto látky stávají významnými polutanty vod. Některé pesticidy jsou ve vodě stabilní, ale jiné jsou přeměněny vlivem fotochemických, chemických či biologických reakcí (Aaron a kol. 2005). Nejvíce používané herbicidy jsou podle Státní rostlinolékařské správy acetochlor a metazachlor, kterých bylo spotřebováno v roce 2011 dohromady přes 400 000 kg (SRLS ČR 2012). Při stanovování množství těchto látek ve vodách se využívá celá řada analytických metod. Většinou se používá kapalinová nebo plynová chromatografie s hmotnostní detekcí (Ferenčík a kol. 2012). Problém, který je nutné řešit, jsou dlouhodobě zvýšené hodnoty v některých vodárensky využívaných nádržích (Schováňková a kol. 2012).

### 3.3. Kontaminace vod vlivem vodní eroze a její důsledky

Vlivem kolektivizace zemědělství v minulém století došlo ke scelování pozemků do velkých souvislých ploch, a to i ve velmi různorodém terénu. Rozorané meze, meliorace a intenzifikace zemědělství vedlo ke zvýšení intenzity erozních procesů. Prvním z „erozních produktů“ je dusík, který je přirozenou součástí životního prostředí a je také klíčovým prvkem při zemědělském využívání půd. Amoniakální dusík se váže na půdní částice a díky tomu se nevyplavuje do podzemních vod. Oproti tomu dusičnany jsou ve vodě vysoce rozpustné, a proto se neváží na půdní částice (Pitter 2009). Z toho vyplývá, že dusík se do vodních toků dostává buď vyplavováním (dusičnany), anebo je spolu se zeminou odnášen erozí. Během odtoku vody dochází ke změnám koncentrací dusičnanů. Tyto změny mohou být periodické, které jsou ovlivněny meteorologickým cyklem nebo náhlé, které jsou způsobeny výrazným antropogenním zásahem do krajiny. Nejvyššího obsahu dusičnanů i jejich nejvyšších koncentrací ve vodách je dosaženo po zorání polí (Kvítek, Tippl 2003).

Vodní eroze se definuje jako selektivní proces, při kterém jsou jemnější a lehčí částice přednostně odtrhávány a unášeny odtékající vodou. Uvolněné půdní částice a organické látky mají velkou schopnost absorpce živin, těžkých kovů, pesticidů, ale i patogenních organismů, které následně ohrožují kvalitu vodních zdrojů (Kvítek, Tippl 2003). Sedimenty, které se díky vodní erozi dostanou do toků, mají schopnost uvolňovat živiny ještě dlouho potom, co byl jejich přísun omezen např. protierozními opatřeními v povodí (viz následující kapitola).

Obr. 5: Vodní eroze v povodí Křečovického potoka



Zdroj: foto Bohumír Janský (6. 6. 2013)



### 3.4. Protierozní opatření

Prvním omezením eroze a tím i snížení zatížení vod dusičnany je možnost celkového snížení objemu povrchového odtoku, čehož se nechá dosáhnout zvýšením retenční a infiltrační kapacity půd nebo omezením povrchového odtoku a eroze. Zvýšení retence lze dosáhnout změnou obhospodařování pozemků či zlepšením struktury zemědělských půd. Tyto půdy jsou velmi zhutnělé a díky tomu se zhoršuje pohyb vody v půdě. Řešením je tedy přeměna orných půd na louky a pastviny, respektive louky na lesy. Omezení povrchového odtoku a tím i eroze je však velmi složité. K erozi dochází v případě, že srážkový úhrn převyšuje infiltrační schopnosti půdy. Opakované působení erozních procesů způsobuje ztráty půdního fondu, snižuje retenční kapacitu půd a zhoršuje jakost vody. Opatření týkající se omezení eroze lze rozdělit do tří rovin. Organizační opatření upravují způsob rozmísťování plodin, jejich druhy, či velikosti a tvary pozemků. Agrotechnická opatření se snaží řídit způsob obdělávání orné půdy, od způsobu orby až po způsob výsevu. Důležitým, ale nákladným typem opatření jsou technické úpravy zemědělských ploch. Jedná se o terasování, příkopy, protierozní kanály a nádrže, sanace strží atd. (Kvítek, Tippl 2003).

Druhou možností omezení vstupu dusičnanů do vodních toků je řízená akumulace vody a sedimentů v údolí. Mezi tyto úpravy patří výstavba objektů sloužících k retardaci vody. Jedná se o nádrže a poldry sloužící k zachycení nekontrolovatelného množství vody, erozních sedimentů a živin. Podmínkou je regulace odtoku. Druhou možností je úprava dimenzí koryt toků, kdy se počítá s možností rozlivu do okolní nivy v nezastavěných územích. Voda se zde pomalu vsakuje do půdy a travní porost využívá živiny (Kvítek, Tippl 2003).

Eroze je zcela přirozený přírodní jev a jako takový nejde zcela zastavit, ale lze ji pouze omezit na relativně přijatelnou mez, která nebude znehodnocovat půdní fond a kontaminovat splaveninami a živinami vodní toky. (Kvítek, Tippl 2003).

### 3.5. Využití vod v zemědělství

V zemědělství se voda využívá pro zavlažování nebo k zásobování zemědělských podniků. V těchto podnicích je využívána pro napájení dobytka či výrobu zemědělských produktů. Dále se voda využívá také v chovu ryb. Touto problematikou se více zabývá kapitola 3.6.

Voda na závlahy se dá rozdělit na doplňkové zavlažování povrchovými vodami nebo na hnojivé závlahy odpadními vodami. Vhodné jsou odpadní vody škrobáren, cukrovarů, mlékáren, pivovarů, atd. (Pitter 2009). Ale i tato voda musí splňovat určité parametry a měla by být podrobena důkladným rozborům. Pokaždé tomu tak není, a do životního prostředí se dostávají různé toxické látky, bakterie, atd.

Proto jsou tyto vody nebezpečné pro vodní toky v okolí takto ošetřených ploch. Ale i povrchová voda musí splňovat určité parametry (teplota, bez toxických látek a vhodný poměr látek).

Zemědělství také produkuje odpadní vody. Jedná se především o odpady z živočišné velkovýroby, jako jsou velkochovy prasat, hovězího dobytka a drůbeže. Dalším druhem odpadu jsou odpadní vody ze silážování. Silážování slouží k uchování píce kvasnými pochody, kdy vznikají silážní šťávy. Tyto šťávy při špatném vybudování silážních nádrží mohou pronikat do podzemních vod, či odtékat do vod povrchových. Stejně tak i močůvka může z nesprávně zajištěných objektů narušovat jakost vod (Pitter 2009).

### **3.6. Rybníky a jejich vliv na eutrofizaci vod**

Rybníky tvoří významnou složku stojatých vod v České republice a svojí nezastupitelnou roli mají i v oblasti zemědělství. Hlavní funkcí je zpomalení odtoku vody a její akumulace za účelem vylepšení vláhových poměrů. Jejich další důležitou vlastností je schopnost modifikovat kvalitu protékajících vod. Celkově tedy napomáhají ke snížení ekologické destabilizace území, a také plní důležitou krajínotvornou funkci (Němec a kol. 2012).

V současné době je většina rybníků ohrožena nadměrnou eutrofizací, protože převážná část rybníků je rybářsky využívána a jejich hlavní funkcí je produkce ryb. Tyto ekonomické zájmy pak přebíjí původní funkce rybníků. Současné obhospodařování v podobě hnojení, přikrmování obsádek, atd. spolu s ostatními vlivy vede k značné eutrofizaci těchto nádrží. Většinu takto využívaných nádrží lze označit jako eutrofní až hypertrofní vodní ekosystémy (Pechar 2006). Příklad přikrmování pomocí síla je na obrázku 6. Tento rybník se nachází v povodí Mastníku na horním toku Prčického potoka a již v průběhu června jsou zde patrné známky eutrofizace. Takovýchto rybníků se ve sledovaném povodí nachází větší množství.

S ohledem na eutrofizační procesy v povodí je nejdůležitější funkcí rybníků jejich schopnost zachytit živiny, především pak fosfor. Avšak tato schopnost je vlivem vysoké úživnosti rybníků značně snížena (Duras, Potužák 2012). Proto je častým jevem vyšší koncentrace fosforu na odtoku z rybníků. Přitom není zcela zřejmé, jestli je příčinou těchto vyšších koncentrací znečištění z povodí, nebo jsou důsledkem rybářského managementu. Vyjma problémů s eutrofizací mají rybníky také problém se zanášením sedimenty. Odborným odhadem bylo zjištěno, že na území ČR je v rybnících uloženo kolem 197 mil. m<sup>3</sup> sedimentů, přičemž roční přírůstek se odhaduje na hodnotu asi 359 000 m<sup>3</sup> (Dostál a kol. 2002).

Rybníky jsou antropogenní vodní ekosystémy, které díky svým přirozeným schopnostem mohou značně pomoci při snaze snižovat projevy eutrofizace povrchových vod. Je však nutné stanovit jejich funkci v dané lokalitě. I mimoprodukční funkce rybníků by mohly být pro majitele ekonomicky atraktivnější než pouhá produkce ryb (Duraz, Potužálek 2012).

Obr. 6: Podpilný rybník – silo na krmivo pro ryby a projevy eutrofizace



Zdroj: vlastní foto (6. 6. 2013)

## **4. Metodika práce**

V této kapitole jsou popsány zdroje použitých dat, metody hodnocení jakosti povrchových vod a přístupy k hodnocení znečištění sedimentů. V poslední části tohoto bloku jsou popsány odběrové profily státní a vlastní monitorovací sítě. Krátce jsou zde charakterizovány sledované ukazatele.

### **4.1. Zdroje dat**

Hlavní zdroj dat, který se týká jakosti vody v povodí, pochází od státního podniku Povodí Vltavy (PVL). Dostupné jsou výsledky monitoringu jakosti vod ze dvou stálých a sedmi doplňkových profilů, které byly částečně sledovány Zemědělskou vodohospodářskou správou a podnikem Povodí Vltavy v omezeném rozsahu požadovaných ukazatelů a v krátkých časových řadách (viz kapitola 4.3.). Tato data byla doplněna dalšími šesti profily, které byly sledovány autorem práce. Vlastní odběry probíhaly od dubna 2012 do května 2013. Analýza vzorků byla autorem provedena v Laboratoři ochrany vod Ústavu pro životní prostředí PřF UK v Praze. Zároveň s odběrem vzorků byl na jednotlivých profilech měřen také průtok pomocí hydrometrické vrtule (viz kapitola 5.2.3.). PVL dále poskytlo hodnoty znečištění sedimentů těžkými kovy z roku 2009 z profilu Radíč.

Data o průtoku vody na profilu Radíč byla poskytnuta Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ – úsek hydrologie, oddělení hydrofondu a bilancí). Pro práci jsou k dispozici měsíční průměry průtoků za období 1984 – 1994 a denní průměry průtoků z let 1995 – 2012. ČHMÚ dále poskytla data o srážkových úhrnech a teplotách vzduchu z meteorologické stanice Rudolec z let 2011 – 2012.

Mapové podklady vznikaly na základě dat z Digitální databáze ARCČR 2.0, Výzkumného ústavu vodohospodářského (HEIS VÚV) a Corine land cover 2006.

V práci byla dále využita data o čistírnách odpadních vod poskytnutá firmou 1. Středočeská Vodárenská, která v povodí provozuje dvě čistírny. Tyto informace byly doplněny o informace z vybraných obecních úřadů. V práci byla dále zpracována data o obcích z ČSÚ a z Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací Středočeského kraje. Použity byly i různé závěrečné zprávy z internetových stránek PVL.

### **4.2. Použité metody hodnocení**

#### **4.2.1. Hodnocení kvality povrchových vod**

Jakost vody je velmi proměnlivá a mění se velmi rychle v prostoru a čase. Existuje řada způsobů, jak kvalitu povrchových vod hodnotit. V této práci je kladen důraz především na hodnocení pomocí ČSN 75 7221. Dále je zde použito hodnocení

na základě normy environmentální kvality (NEK). Sledován je vývoj v čase a je hodnocena závislost na průtoku a roční době. V neposlední řadě je použita bilance látkového odnosu. V případě profilů na Slapské přehradě je hodnocení provedeno na základě stratifikace podle jednotlivých sledovaných ukazatelů, sledován je vývoj koncentrace ve vegetačním období a také vývoj koncentrace ukazatelů v čase.

#### 4.2.2.1. Klasifikace jakosti toku na základě normy ČSN 75 7221

Česká technická norma 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod byla schválena v říjnu roku 1989. V roce 1998 byla novelizována a v této podobě je používána do současnosti. Norma je určena pro jednotné určení tříd jakosti tekoucích povrchových vod. Tato klasifikace slouží pro porovnání jakostí na různých místech v různém čase (ČSN 75 7221).

Norma rozděluje tekoucí vody podle jakosti do pěti tříd (viz tabulka 1). Zařazení se poté provádí na základě charakteristické hodnoty koncentrace (C90). K vypočtení této hodnoty je nutné odebrat alespoň 23 vzorků za sledované období. Postup výpočtu této hodnoty, která je definována jako hodnota s pravděpodobností nepřekročení 90 %, je uveden v normě. Výjimku tvoří určení C90 u saprobního indexu makrozoobentosu, kdy jako charakteristická hodnota slouží aritmetický průměr. V případě menšího množství hodnot, při četnosti 11 až 23 odběrů za sledované období, se za charakteristickou hodnotu považuje ta hodnota, které při vzestupném seřazení řady hodnot odpovídá 90 % z počtu hodnot (př.: pro 15 hodnot je to ta předposlední). Na základě hodnoty C90 se jednotlivé parametry, podle mezních hodnot, začlení do jednotlivých tříd jakosti. Mezní hodnoty pro veškeré sledované parametry jsou uvedeny v příloze 1. Celková jakost toku, nebo vodního útvaru, je pak určena na základě nejnejpříznivější hodnoty.

Tab. 1: Charakteristika tříd jakosti podle ČSN 75 7221

třída	název třídy	charakteristika
I.	neznečištěná voda	stav povrchové vody, který nebyl významně ovlivněn lidskou činností, při kterém ukazatele jakosti vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v tocích
II.	mírně znečištěná voda	stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému
III.	znečištěná voda	stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému
IV.	silně znečištěná voda	stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky, které umožňují existenci pouze nevyváženého ekosystému
V.	velmi silně znečištěná voda	stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky, které umožňují existenci pouze silně nevyváženého ekosystému

Zdroj: ČSN 75 7221

#### 4.2.2.2. Norma environmentální kvality

V této práci jsou sledované profily zhodnoceny také na základě normy environmentální kvality (NEK). Ta je na českých tocích určována na základě směrnice evropského parlamentu a rady 2008/105/ES. Na principu této směrnice se vodní útvary dělí do dvou skupin. Na vodní útvar s nevyhovujícím či vyhovujícím ekologickým stavem. V tabulce 2 jsou patrné limitní hodnoty pro sledované ukazatele. Většina ukazatelů je hodnocena na základě aritmetického průměru zjištěných hodnot (NEK RP). Výjimkou je ukazatel teploty vody, kde mezní hodnotu tvoří nejvyšší přístupná hodnota (NPH).

Tab. 2: Limitní hodnoty NEK pro vybrané ukazatele

ukazatel	NEK-RP	ukazatel	NEK-RP
teplota vody	29 (NPH)	Cl <sup>-</sup>	150
pH	6 - 9	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	200
rozpuštěný kyslík	min. 9	Mn	0,3
BSK <sub>5</sub>	3,8	Fe	1
CHSK <sub>Cr</sub>	26	Ca	190
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,23	P <sub>C</sub>	0,15
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5,4		

Zdroj: Nařízení vlády č. 61/2003 Sb.

#### 4.2.2. Hodnocení bilance látkového odnosu

Toto hodnocení doplňuje informace o koncentraci vybraného ukazatele o zásadní hydrologickou veličinu – průtok. Ten propojuje imisní a emisní situaci v povodí (Langhammer 2009). Pro emisní hodnocení se používá jednoduchého vztahu pro výpočet látkového odnosu:

$$L = c \cdot Q$$

- L            objem látkového odnosu  
c            koncentrace sledovaného ukazatele [g/m<sup>3</sup>]  
Q            okamžitý průtok [m<sup>3</sup>/s]

Druhou možností analýzy je specifický látkový odnos. Ta vypovídá o rozložení intenzity zátěže znečištění v jednotlivých částech povodí. Ukazatel zachycuje příspěvek jednotlivých částí k celkové bilanci zátěže za určitou časovou jednotku (Langhammer 2009). V tomto případě zachycuje množství sledované látky v kg, která odečte z 1 km<sup>2</sup> za jeden rok. SLO se pro povodí počítá následovně:

$$S = (31\,557,6 \cdot c \cdot Q) / P$$

- S            objem specifického látkového odnosu  
c            koncentrace sledovaného ukazatele [g/m<sup>3</sup>]  
Q            průměrný průtok [m<sup>3</sup>/s]

P plocha povodí [km<sup>2</sup>]  
 31 557,6 časový koeficient [sekundy za rok/1000]

#### 4.2.3. Hodnocení znečištění sedimentů těžkými kovy

Stručné hodnocení je věnováno také znečištění sedimentů, které bylo PVL zjišťováno v povodí Mastníku jen jednou, a to v roce 2009 na výústním profilu Radíč. Výsledné hodnoty byly porovnány s mezními hodnotami vyhlášky č. 382/2001 Sb. Tato vyhláška stanovuje mezní koncentrace těžkých kovů v půdě. Hodnoty pro sledované prvky jsou uvedeny v tabulce 3. Tyto mezní hodnoty jsou stanoveny pro běžné půdy, tedy pro půdy zabírající převážnou část zemědělsky využívaných půd.

Tab. 3: Mezní hodnoty koncentrací a požadových hodnot těžkých kovů v půdě

těžký kov	mezní koncentrace (mg/kg suš.)	TaW	FGG Elbe
Cr	90	90,0	60,0
Cd	0,5	0,3	0,2
Cu	60	45,0	20,0
Ni	50	68,0	10,0
Pb	60	20,0	25,0
Zn	120	95,0	90,0

Zdroj: Vyhláška č. 382/2001 Sb. Turekian a Wedepohl, FGG Elbe

Koncentrace těžkých kovů byly také srovnány s požadovými hodnotami, které charakterizují koncentraci těžkých kovů v přírodním prostředí. Za požadové hodnoty byly vzaty koeficienty stanovené podle Turekiana a Wedepohla (1961), které charakterizují celosvětový průměr obsahu kovů v jílovitých sedimentech. Pro porovnání byly použity i požadové hodnoty organizace FGG (Flussgebietsgemeinschaft) Elbe (2001), které jsou určeny právě pro povodí Labe. Tyto hodnoty pro vybrané ukazatele jsou v tabulce 3. Pro zařazení do tříd jakosti sedimentů byl použit geoakumulační index I<sub>geo</sub>, který se počítá podle vzorce:

$$I_{geo} = \log_2 \cdot C_n / 1,5 \cdot B_n$$

C<sub>n</sub> Koncentrace daného prvku v sedimentu [mg/kg suš.]

B<sub>n</sub> požadová hodnota [mg/kg suš.]

1,5 Konstanta upravující přirozenou variabilitu litologického prostředí

(Chalupová 2011)

Na základě tohoto indexu se zařadí sediment do jakostní třídy. Těchto tříd je 7, od třídy 0, které značí nezatížený sediment až po jakostní třídu 6, kdy se jedná o nadměrně zatížený sediment (Müller 1979 in Chalupová 2011).

### **4.3. Charakteristiky odběrných profilů a sledovaných ukazatelů kvality vody**

#### **4.3.1. Odběry vzorků**

Odběry probíhaly na dále uvedených a popsanych vlastních profilech. Dva profily leží na horním toku Mastníku, dva na Sedleckém potoce, jeden na Křečovickém a jeden na Mastníku po vzdutí Slapské nádrže. Tyto profily byly zvoleny tak, aby co nejlépe vystihovaly působení všech faktorů ovlivňujících kvalitu vody v tocích. Odběry probíhaly zhruba v měsíčním intervalu od dubna 2012 do června 2013. Celkem na všech profilech došlo k 15 odběrům vzorků a zjišťovány byly tyto parametry: teplota vody, pH, elektrolytická konduktivita (k), rozpuštěný  $O_2$ ,  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Mn}$ ,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $N-NO_2^-$ ,  $P-PO_4^{3-}$ ,  $Cl^-$ , Mn, Fe, Ca, acidita, alkalita a tvrdost. Oproti původnímu plánu došlo k navýšení o 3 odběry, a to vlivem dlouhé zimy v roce 2013 a také povodňovou situací na přelomu května a června 2013. K odběrům byly používány 1,5 litrové plastové lahve, které byly před každým odběrem důkladně vymyty. Pro stanovení koncentrace kyslíku byly použity speciální kyslíkové lahve.

#### **4.3.2. Charakteristika sledovaných profilů**

V povodí Mastníku je celá řada profilů, kde byly sledovány koncentrace látek ve vodách. Bohužel jen 2 z nich postihují delší časový vývoj jakosti. Na většině z nich jsou časové řady sledování kvality vody velmi krátké či neúplné. Tento problém přetrvává u většiny malých a středních povodí ČR (Laghammer, Kliment 2006). V této části jsou profily rozděleny do dvou skupin. Jedna z nich obsahuje profily zajišťované státní správou, v současnosti státním podnikem Povodí Vltavy. Druhá skupina jsou profily, které byly vybrány pro vlastní průzkum jakosti. Profily Dubliny a Strašík spadají do obou těchto skupin. Rozmístění jednotlivých profilů v povodí je znázorněno na obrázku 7.



Obr. 7: Lokalizace sledovaných profilů



Zdroj: HEIS VÚV, Povodí Vltavy, s.p., vlastní data

#### 4.3.2.1. Profily státní sítě

V celém povodí Masná se nachází 9 profilů, které byly od roku 2007 alespoň krátkodobě a v omezeném rozsahu sledovány. Ať už státním podnikem Povodí Vltavy nebo již zrušenou Zemědělskou vodohospodářskou správou (dále ZVHS). Pouze na profilech Kosova Hora a Radíč je delší nepřerušená časová řada. Profily v povodí jsou doplněny profily kontroly kvality vody v zátocce Masné a na Slapské přehradě před ústím a za ústím Masné do Vltavy.

##### **Profil Na Podskale**

Profil se nachází na Smilkovském potoce. Leží na jeho 0,6 říčním km v nadmořské výšce 486 m. Nachází se pod Podskalským rybníkem u silnice mezi obcemi Heřmaničky a Arnoštovice. Tento profil byl sledován v letech 2008 – 2009 celkem 13 odběry ZVHS a dalšími 12 odběry PVL v roce 2012 v omezeném rozsahu ukazatelů (t, pH, el. konduktivita, rozpuštěný  $O_2$ ,  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Cr}$ ,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ , celkový fosfor ( $P_C$ ),  $N-NO_2^-$  a nasycení  $O_2$ ). Profil reprezentuje východní část povodí, kde se nenachází žádné významné sídlo. Největší obcí je Smilkov s 254 obyvateli.

Chemismus vody je ovlivněn především zemědělskou činností a již zmiňovaným rybníkem.

### ***Profil Strašík***

Tento profil leží na 38,6 říčním km toku Mastník ve výšce 485 m n.m. Nachází se u silničního mostu vedle Strašíkova mlýna. Profil byl krátce sledován v roce 2007 (3 odběry, ZVHS) a také v roce 2010 (12 odběrů, PVL) v rozsahu ukazatelů  $t$ , pH,  $k$ , rozpuštěný  $O_2$ ,  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Cr}$ ,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $P_C$ ,  $N-NO_2^-$  a nasycení  $O_2$ . Chemismus vody je nejvíce ovlivněn odtokem vody z ČOV obce Heřmaničky (699 obyvatel) a převažující zemědělskou činností v této části povodí. Na sledování této části toku je navázáno vlastními odběry.

Obr. 8: Profil Strašík



Zdroj: vlastní foto (1. 5. 2013)

### ***Profil Kosova Hora***

Nejdelší sledovanou časovou řadu v plném rozsahu ukazatelů (mimo chlorofyl-a) pro jednoznačné určení jakosti vody (ČSN 75 7220) má profil Kosova Hora. Je sledován PVL od roku 1995. Tento profil se nachází na začátku obce Kosova Hora, pár metrů pod odběrem vody pro úpravnu vody, zajišťující pitnou vodu pro Sedlčany a Kosovu Horu. Leží na 24,3 říčním km Mastníku ve výšce 384 m n. m. Chemismus vody je ovlivněn především splachy z polí a obcí Vojkov (515 obyvatel), kde v současné době funguje ČOV s připojením pouze pro 20 % obyvatel obce.

Obr. 9: Profil Kosova Hora



Zdroj: vlastní foto (18. 7. 2011)

### **Profil Sedlčany**

Další sledovaný profil je v Sedlčanech. Leží na 19,2 říčním kilometru toku Mastník v nadmořské výšce 345 m. Nachází se mezi vlakovým nádražím a sádkami. Pro tuto práci jsou k dispozici data od roku 2007 do roku 2011 v rozsahu t, pH, k, rozpuštěný  $O_2$ ,  $BSK_5$  (2007-2008),  $CHSK_{Cr}$ ,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $P_C$ ,  $N-NO_2^-$  a nasycení  $O_2$ . Reprezentuje část toku ovlivněnou především ČOV Kosova Hora.

Obr. 10: Profil Sedlčany



Zdroj: vlastní foto (6. 7. 2013)

### **Profil Sedlec**

Nejvýše položeným profilem na Sedleckém potoce je profil Sedlec. Leží na 14. říčním km toku v nadmořské výšce 396 m. Sledován byl v letech 2007 – 2008 (15 odběrů, ZVHS) v rozsahu ukazatelů: t, pH, k, rozpuštěný  $O_2$ ,  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Cr}$ , TOC,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $P_C$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , FKOLI (termotolerantní koliformní bakterie),  $P-PO_4^{3-}$ ,  $N-NO_2^-$ . Chemismus je ovlivněn především obcí Sedlec-Prčice (2838 obyvatel) a její ČOV a také zemědělskou činností v celé Sedlecké kotlině.

### **Profil Jesenice**

Druhým profilem na Sedleckém potoce je Jesenice. Sledován byl stejně jako Sedlec v letech 2007-2008 pouze 12 odběry v omezeném rozsahu ukazatelů (t, pH, k, rozpuštěný  $O_2$ ,  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Cr}$ ,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $P_C$ ,  $N-NO_2^-$ ). Tento profil leží na 7,4 říčním kilometru ve výšce 362 m n. m. Kvalita vody v toku je ovlivněna především ČOV obce Jesenice (515 ob.).

### **Profil Nedrahovice**

V roce 2009 sledovalo PVL 9 odběry přítok Slabá, který se vlévá do Sedleckého potoka přibližně na 5. říčním kilometru. Profil se nachází 1,1 km proti proudu od soutoku ve výšce 368 m n. m. Tento tok reprezentuje malou západní část povodí Mastníku ovlivněnou především zemědělskou činností, bohužel na základě 9 odběrů nelze určit celkovou jakost toku.

### **Profil Radíč**

Jediným profilem po soutoku Mastníku a Sedleckého potoka je Radíč. Velkým potenciálním zdrojem znečištění je především město Sedlčany, jeho průmysl a ČOV. K tomuto profilu jsou k dispozici i data o průtoku díky hlášenému profilu ČHMÚ Praha. Samotný profil se nachází na 9. říčním km v nadmořské výšce 301 m. K rozborům kvality vody dochází od roku 1996, data jsou k dispozici v minimálním rozsahu ukazatelů pro kontrolu jakosti toku na základě normy ČSN 75 7220.

Obr. 11: Profil Radíč



Zdroj: vlastní foto (12. 7. 2011)

### **Profil Dubliny**

Největším pravostranným přítokem Mastníku je Křečovický potok. Ten je sledován na profilu Dubliny. Profil se nachází na 0,5 říčním km toku ve výšce 311 m n. m. Data pro tuto práci jsou od roku 2007 do roku 2012 v rozsahu ukazatelů t, pH, k, rozpuštěný  $O_2$ ,  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Cr}$ , TOC,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $P_C$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,



FKOLI, INDBENT(saprobní index makrozoobentosu),  $P-PO_4^{3-}$ ,  $N-NO_2^-$  a nasycení  $O_2$ . Profil leží 100 metrů pod soutokem Křečovického a Vlkonického potoka, poblíž silničního mostu mezi obcemi Dubliny a Nahoruby. Chemismus toku je ovlivněn především zemědělskou činností, rybníkářstvím a významným potenciálním zdrojem je ČOV Křečovice (727 obyvatel). Tento profil je ještě doplněn daty z vlastního měření.

Obr. 12: Profil Dubliny



Zdroj: vlastní foto (16. 1. 2013)

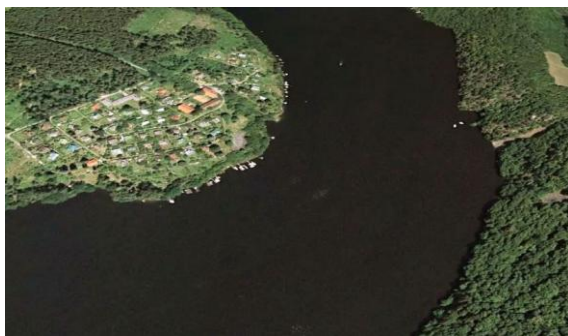
### ***Profil zátoka Mastník***

Poslední profil reprezentující Mastník je již ovlivněn vzdušným Slapské nádrže. Nachází se na 1,5 říčním kilometru Mastníku. Sledovány byly ukazatele pH, °C, rozpuštěné  $O_2$ , nasycení kyslíkem,  $N-NH_4$ ,  $N-NO_3$ ,  $P_C$ , Fe a chlorofyl. Data jsou k dispozici od dubna do října v měsíčním intervalu, od roku 2007, mimo rok 2010. Hloubka v těchto místech dosahuje 4 m, a proto je zde již zjišťována také stratifikace sledovaných ukazatelů.

### ***Profily Kobylínky a Živohošť***

Tyto dva profily reprezentují jakost vody ve Slapské přehradě. Profil Kobylínky se nachází na 105. říčním kilometru a profil Živohošť na 100,3 ř. km Vltavy. Ústí Mastníku se nachází mezi těmito profily a díky tomu můžeme posuzovat změnu kvality vody v nádrži vlivem tohoto přítoku. Z těchto profilů jsou v této práci použita data z let 2005 – 2009 a 2011, 2012. Sledovány byly stejné ukazatele jako na zátocce Mastník. K měřením docházelo od dubna do října v měsíčním intervalu, mimo roku 2006, kdy jsou data k dispozici pouze z měsíce října. Tato měření poskytují údaje i o stratifikaci v nádrži, kdy je použit interval 5 metrů.

Obr. 13: Profil Kobylníky



Zdroj: Google Earth

Obr. 14: Profil Živohošť



Zdroj: Google Earth

#### **4.3.2.2. Vlastní sledované profily**

Vlastní odběry vzorků byly uskutečněny na 6 profilech, vhodně umístěných k vystižení různých zdrojů znečištění a ke zjištění stavu kvality vody v povodí.

##### ***Profil Dolní Nové Dvory***

Na 45. ř.km Masníku ve výšce 533 m n. m. se nachází třetí vlastní profil. Leží u obce Dolní Nové Dvory a reprezentuje horní část toku, která je ovlivněna pouze plošnými zdroji znečištění. Nachází se pouze 5 km od pramenu toku a v jeho průběhu se nenachází žádný zdroj bodového znečištění.

Obr. 15: Profil Dolní Nové Dvory



Zdroj: vlastní foto (7. 11. 2012)

### ***Profil Měšetice***

Na Sedleckém potoce byly vybrány dva vlastní profily. Prvním z nich jsou Měšetice. Tento profil leží na kraji stejnojmenné obce u zemědělsky využívané plochy. Kvalita vody je ovlivněna zemědělskou činností a splachy z celé Sedlecké kotliny. Potenciálním zdrojem znečištění je ČOV Sedlec-Prčice a také nezpevněné polní hnojiště, nacházející se zhruba 300 m od vodního toku. Profil leží v nadmořské výšce 390 m na 13. říčním kilometru Sedleckého potoka.

Obr. 16: Profil Měšetice



Zdroj: vlastní foto (7. 11. 2012)

### ***Profil Rudolec***

Nedaleko jediné meteorologické stanice v povodí se nachází profil Rudolec. Ten reprezentuje plošné i bodové zdroje znečištění. Profil se nachází pár metrů pod přítokem Libínského potoka, do kterého je vypouštěna voda z ČOV pivovaru Vysoký Chlumeck. Potenciálním zdrojem bodového znečištění je i ČOV Jesenice. Nachází se na 3. říčním kilometru ve výšce 346 m n. m.

Obr. 17: Profil Rudolec



Zdroj: vlastní foto (7. 11. 2012)

### **Profil zátoka Mastníku**

Posledním sledovaným profilem v povodí je zátoka Mastníku, tedy profil 3 km vzdálený od ústí toku do Slapské nádrže. Tento profil je již ovlivněn vzdušným Slapské přehradou a odráží kvalitu vody na hladině dlouhé zátoky Mastníku. Chemismus je tedy ovlivněn i samočisticí schopností vody v nádrži. Koncentrace ukazatelů v zimním období byly ovlivněny zamrzlou hladinou.

Obr. 18: Zátoka Mastníku



Zdroj: vlastní foto (7. 11. 2012)

#### **4.3.3. Sledované ukazatele jakosti vod**

V této práci jsou použity dva zdroje dat o stavu kvality povrchových vod. Od státního podniku Povodí Vltavy byla poskytnuta data o rozsahu 23 ukazatelů pro kontrolu jakosti povrchových vod (teplota vody, pH, k, rozpuštěný  $O_2$ ,  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Mn}$ ,  $CHSK_{Cr}$ , TOC,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $P_C$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , Mn, Fe, Ca, Mg, FKOLI, INDBENT, chlorofyl - a,  $P-PO_4^{3-}$ ,  $N-NO_2^-$  a nasycení  $O_2$ ). Tato data jsou doplněna vlastními rozbory ze 6 profilů v omezeném rozsahu ukazatelů (teplota vody, pH, k, rozpuštěný  $O_2$ ,  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Mn}$ ,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$ ,  $N-NO_2^-$ ,  $P-PO_4^{3-}$ ,  $Cl^-$ , Mn, Fe, Ca, acidita, alkalita a tvrdost). V následující části práce jsou jednotlivé ukazatele stručně charakterizovány.

##### **4.3.3.1. Fyzikálně chemické vlastnosti vody**

Z fyzikálního a chemického hlediska je voda velmi komplikovanou sloučeninou s řadou jedinečných vlastností a anomálií (Lellák, Kubíček 1992). Základní ukazatele, např. organoleptické vlastnosti vody, jako jsou teplota, barva, zákal, pach a chuť, charakterizují situaci na lokalitě v době odběru, a tím pomáhají objasnit příčiny chemických poměrů, které ve vodě vznikly (Heteša, Kočková 1997). Tyto vlastnosti určují základní životní podmínky organismů.



### **Elektrolytická konduktivita (k)**

Stanovování konduktivity je běžnou součástí chemických rozborů vody. Konduktivita je míra koncentrace ionizovatelných součástí vody, a tím umožňuje bezprostřední odhad celkové mineralizace vody (Pitter 2009). Hodnoty konduktivity výrazně kolísají v závislosti na úrovni antropogenní zátěže. Vysoké hodnoty dokládají přítomnost antropogenních vlivů (Langhammer 2009)

### **Teplota vody (t)**

Teplota je jedním z významných ukazatelů jakosti a vlastností vody. Teplota povrchových vod ovlivňuje rozpustnost kyslíku, rychlost chemických procesů, a tím i pochody v procesu samočištění. Při zvýšených teplotách dochází ke snižování samočisticích pochodů ve vodě (Pitter 2009). Teplota povrchových vod se během roku i v průběhu dne velmi mění, u malých toků mohou denní změny teploty dosahovat hodnot 3 – 6 °C (Lellák, Kubiček 1992).

### **Reakce vody (pH)**

Hodnota pH ovlivňuje většinu procesů probíhajících ve vodách, a proto má její zjištění mimořádný význam. U přírodních vod je dána poměrem obsahu vázaného a volného oxidu uhličitého (Pitter 2009). Vlastní pH je definováno jako záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů,  $\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$ , kde  $\text{H}^+$  je koncentrace vodíkových iontů v roztoku (Lellák, Kubiček 1992). Hodnota pH se pohybuje v intervalu (0;14), kde kyselé prostředí má  $\text{pH} < 7$  a zásadité  $\text{pH} > 7$ .

#### **4.3.3.2. Anorganické látky ve vodách**

Anorganické látky se na základě jejich elektronové konfigurace dělí na kovy, polokovy a nekovy. Téměř všechny kovy a polokovy jsou ve vodách přirozeně obsaženy v závislosti na geologickém podloží. V dnešní době se však těžko odlišuje přírodní pozadí od antropogenního znečištění. Hlavním anorganickým zdrojem jsou odpadní vody z oblastí těžkého a chemického průmyslu, ale dalším zdrojem mohou být agrochemikálie a exhalace ze spalování fosilních paliv (Pitter 2009).

#### **Vápník a hořčík (Ca a Mg)**

Tyto dva prvky jsou v přírodě hojně rozšířené. V zemské kůře je obsaženo více vápníku než hořčíku, a tomu také odpovídá zastoupení ve vodách a jejich obsah tedy závisí na geologickém podloží, jímž tok protéká. Společně patří k důležitým biogenním prvkům a určují tvrdost vody (Heteša, Kočková 1997). Do vody se mohou také dostat antropogenně z průmyslových provozů, kde dochází k neutralizaci

kyselin (Pitter 2009). Vápník, pH a konduktivita jsou v přírodních vodách v těsných vzájemných vztazích (Lellák, Kubíček 1992).

### **Železo a mangan (Fe a Mn)**

Železo se do vody dostává pomocí rozpouštění jen velmi málo. Více se uplatňuje uvolňování do vody pomocí působení různých kyselin či oxidačních činidel, čemuž napomáhá přítomnost  $\text{CO}_2$  a humínových látek. Umělým zdrojem jsou některé průmyslové odpadní vody a také koroze ve vodovodních potrubích. Železo je indikátorem málo úrodných vod (Heteša, Kočková 1997) a z kovů tak hlavní součástí dnových sedimentů (Pitter 2009). Mangan obvykle doprovází rudy železa. Do vodních toků se tedy dostává stejnou cestou. Z dnových sedimentů se podobně jako železo může nárazově remobilizovat a přecházet do kapalné fáze. Stejně jako u železa jsou i antropogenní zdroje – průmyslové odpadní vody z metalurgických závodů. Železa bývá v přírodních vodách obvykle více než manganu. Avšak mangan mnohem více ovlivňuje organoleptické vlastnosti vody (Pitter 2009).

### **Chloridy ( $\text{Cl}^-$ )**

Prvním zástupcem nekovů je chlor a jeho sloučeniny. Jedná se především o chloridy, chlornany, elementární chlor, atd. Právě chloridy se ve vodách vyskytují nejvíce. Do vodních toků se dostávají zvětráváním a vyluhováním z podloží (Pitter 2009). Chloridy jsou tedy běžnou součástí přírodních vod, kde spolu s ionty  $\text{SO}_4^{2-}$  a  $\text{HCO}_3^-$  jsou nejvíce se vyskytujícím aniontem vod. Vyšší koncentrace  $\text{Cl}^-$  nasvědčuje splaškovému znečištění, ale i průmyslovým odpadním vodám (Heteša, Kočková 1997).

### **Sírany ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

Hlavním zdrojem síranů je sádrovec a oxidace sulfidických rud, což způsobuje vysoké koncentrace síranů v důlních vodách. Významným antropogenním zdrojem jsou i městské a průmyslové exhalace pronikající do atmosférických vod (Pitter 2009). Ve vodě  $\text{SO}_2$  rychle oxiduje, a proto je snadno vymýván srážkami, přičemž vzniká kyselina siřičitá a kyselina sírová, která je hlavní příčinou tzv. kyselých dešťů a acidifikace vodních ekosystémů (Lellák, Kubíček 1992).

### **Sloučeniny fosforu**

Fosfor společně s dusíkem patří do skupiny nutrientů a obecně se předpokládá, že je klíčovým faktorem eutrofizace (Pitter 2002). Ve srovnání s jinými biogenními prvky je fosfor velmi významným prvkem pro produkční procesy ve vodních ekosystémech (Lellák, Kubíček 1992). Fosfor tedy zaujímá klíčové místo mezi živinami díky své relativní vzácnosti a svojí základní roli ve všech životních formách (Baoqing a kol. 2001). Přírodním zdrojem fosforu ve vodách jsou procesy rozpouštění a vyluhování některých

půd, minerálů (apatit) a hornin. Antropogenním zdrojem anorganického fosforu jsou některé prací, čistící, odmašťovací, mycí prostředky a aplikace hnojiv. Velké množství anorganického i organického fosforu je v živočišných odpadech. Zdroji jsou velkochovy hospodářských zvířat a také splaškové vody. Člověk vylučuje denně asi 1,5 g fosforu. Spolu s již zmiňovanými prostředky může specifická hodnota produkce fosforu dosáhnout až 3 g/osoba/den (Pitter 2009). Tato studie se z mnoha sloučenin podrobněji zabývá anorganickým rozpuštěným P ( $P-PO_4^{3-}$ ) a také celkovým fosforem ( $P_C$ ).

### **Sloučeniny dusíku**

Stejně jako fosfor patří dusík mezi nejdůležitější biogenní prvky. Uplatňuje se při všech biologických procesech ve vodách a také při procesech čištění odpadních vod. Sloučeniny neovlivněné lidskou činností jsou převážně biogenního původu a vznikají při rozkladu dusíkatých látek rostlinného a živočišného původu. Antropogenním zdrojem jsou splaškové vody. Specifická produkce dusíku dosahuje hodnoty 12g/osoba/den. Dalším zdrojem jsou odpady a splachy ze zemědělství (Pitter 2009). Dusík se vyskytuje ve vodách v různých oxidačních stupních. Distribuce jednotlivých forem je ovlivněna především biochemickými procesy probíhajícími ve vodách (Heteša, Kočková 1997).

### **Amoniakální dusík ( $N-NH_4^+$ )**

Amoniakální dusík vzniká jako primární produkt rozkladu organických dusíkatých látek živočišného a rostlinného původu. Antropogenním zdrojem organického původu jsou splaškové odpadní vody, odpady ze zemědělské výroby a kalová voda z anaerobní stabilizace čistírenských kalů. Anorganického původu jsou dusíkatá hnojiva, která se infiltrací a splachem dostávají do toků a některé průmyslové odpadní vody (tepelné zpracování uhlí, galvanické pokovování). Ve vodě se vyskytuje jako kation  $NH_4^+$  a v neiontové formě jako  $NH_3$ . Zvýšené koncentrace působí velmi toxicky na ryby a zooplankton (Pitter 2009).

### **Dusík dusičnanový ( $N-NO_3^-$ )**

Dusičnany vznikají převážně sekundárně při nitrifikaci amoniakálního dusíku a jsou konečným produktem biochemické oxidace. Antropogenním zdrojem jsou splachy ze zemědělské půdy hnojené dusíkatými hnojivy. Dusičnany se v malých koncentracích vyskytují téměř ve všech vodách a jejich koncentrace v důsledku vzrůstajícího počtu obyvatel rostou (Pitter 2009).

### **Dusík dusitanový ( $N-NO_2^-$ )**

Dusitany se jako minerály nevyskytují. Ve vodách vznikají především nitrifikací a považují se za meziprodukt chemických a biochemických transformací sloučenin

dusíku. Obvykle se vykytují pouze v nízkých koncentracích, protože jsou ve vodě nestálé. Jejich výskyt je indikátorem čerstvého fekálního znečištění (Pitter 2009).

#### 4.3.3.3. Ukazatele kyslíkového režimu

Kyslíkové poměry v toku zcela zásadně působí na veškeré procesy, které v přirozených povrchových vodách probíhají. Mají přímý vliv na život organismů ve vodě, podílí se na samočisticích procesech a na rozkladu organických látek (Langhammer 2009).

#### Rozpuštěný kyslík ( $O_2$ )

Nejdůležitějším plynem ve vodách je kyslík. Ten se do vody dostává difúzí z atmosféry nebo při fotosyntéze vodních rostlin, řas a sinic. Rozpustnost kyslíku je ovlivněna teplotou, tlakem a obsahem rozpuštěných látek (Pitter 2009). Z tabulky 4 je zřejmé, jak se vzrůstající teplotou vzduchu za stálého tlaku rozpustnost kyslíku klesá. V této tabulce není brána v potaz koncentrace rozpuštěných látek.

Tab. 4: Rozpustnost kyslíku ve vodě při tlaku 101 325 Pa

teplota (°C)	rozpustnost (mg/l)
0	14,63
6	12,45
12	10,77
18	9,46
24	8,42
30	7,57
35	6,98
40	6,47

Zdroj: Montgomery a kol. 1964 (in Pitter 2009)

Mimo koncentrace rozpuštěného kyslíku se kyslíkové poměry nechají vyjádřit pomocí **procenta nasycení kyslíkem**. Avšak tento způsob je spíše na ústupu (Pitter 2009). Některé zdroje však uvádějí tento parametr za srozumitelnější, a to především v nádržích. Zahrnuje totiž i návaznost obsahu kyslíku ve vodě na teplotní poměry a reaguje také na změnu tlaku vzduchu (Svobodová a kol. 1987). Kyslík je nezbytný pro zajištění aerobních pochodů při samočištění povrchových vod a při biologickém čištění odpadních vod. Jeho koncentrace je důležitým indikátorem čistoty povrchových vod.

#### **4.3.3.4. Organické látky**

Vyjma poměrně jednoduchých anorganických sloučenin se v přírodních vodách vyskytují vždy organické látky. Tyto látky jsou přírodního nebo antropogenního charakteru. Mezi přirozené znečištění patří výluhy z půdy a sedimentů a produkty organismů a bakterií. Tyto látky jsou buď autochtonního, nebo alochtonního původu. Antropogenními zdroji jsou splaškové a průmyslové odpadní vody, odpadní vody ze zemědělství a ze skládek. Je nutné tyto látky rozlišovat na podléhající biologickému rozkladu a na rezistentní (toxické látky). Vzhledem k velkému množství organických látek je separace a identifikace velice složitá, časově a finančně nákladná. Proto je nutné stanovit si pořadí důležitosti. Přednost mají látky hygienicky závadné a biologicky těžko odbouratelné. Přesná koncentrace ostatních organických látek, které se i běžně vyskytují ve vodách, nemá význam. Proto se využívají postupy, které umožňují postihnout celkovou koncentraci organických látek ve vodě (Pitter 2009). Součástí této práce je stanovení BSK, CHSK a TOC.

#### **Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)**

Koncentrace organických látek se pomocí této metody zjišťuje na základě množství oxidačního činidla, které je za stanovených podmínek spotřebováno na jejich oxidaci. Tento výsledek se poté přepočítá pomocí stanoveného vzorce na kyslíkové ekvivalenty (Pitter 2009). V současné době se využívají dvě oxidační činidla. Již jen výjimečně se používá manganistan draselný. Stanovení pomocí tohoto činidla se může používat pro pitnou či přírodní vodu, ale vůbec ne pro vodu odpadní. Důvodem je nízký stupeň oxidace většiny organických látek, výsledky se tedy neblíží 100 % teoretické spotřebě kyslíku na úplnou oxidaci všech přítomných organických látek. Výhodou je její rychlost a jednoduchost. Modernější a v současné době více využívanou metodou je oxidace dichromanem draselným. Výsledky jsou zhruba 2 – 4 násobně vyšší než oxidace manganistanem (Heteša, Kočková 1997). CHSK tedy stanovuje míru biologicky rozložitelných i nerozložitelných látek (Pitter 2009).

#### **Biochemická spotřeba kyslíku (BSK)**

Hodnota BSK oproti CHSK vyjadřuje pouze množství biologicky rozložitelných látek při aerobních podmínkách. Je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného  $O_2$  spotřebovaného za daných podmínek a v oxickém prostředí, biochemickou oxidací organických látek ve vodě. Spotřebované množství kyslíku je přímo úměrné množství přítomných organických látek ve vodě. Doba úplné oxidace je asi 20 dní, což je pro praktické stanovení koncentrace nepraktické. Proto byla zvolena

jednotná inkubační doba 5 dní (BSK<sub>5</sub>), což znamená pětidenní biochemická spotřeba kyslíku (Pitter 2009).

### **Celkový organický uhlík (TOC)**

V poslední době se stále více prosazuje metoda, která stanovuje organické látky nepřímo stanovením organického uhlíku. Tyto metody jsou založené na oxidaci organických látek na oxid uhličitý.

#### **4.3.3.5. Mikrobiologické a biologické ukazatele**

Biologické ukazatele oproti hodnotám chemických parametrů vyjadřují kvalitu vody pro delší časová období. Organismy se v tocích vyskytují stále a do jejich druhového složení se promítají nárazové i pozvolné změny v kvalitě vody, které chemické parametry nejsou schopny zachytit (Judová 2003).

#### **Termotolerantní koliformní bakterie (FKOLI)**

Bakteriologické rozborů vody představují nejcitlivější indikátory jejího přímého i nepřímého fekálního znečištění. Nejdůležitějším indikátorem fekálního znečištění jsou mikrobi střevního traktu, které mohou ve vodách vydržet i jeden rok. Zdrojem těchto bakterií jsou veškeré splaškové komunální vody a odpady z živočišné výroby (Langhammer 2012). Termotolerantní koliformní bakterie si udržují své růstové a fermentační vlastnosti i ve 44 °C. Za typické zástupce FKOLI byly považovány příslušníci rodů *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia* a *Klebsiella*. Tyto bakterie byly tradičně používány jako indikátory fekálního znečištění. V minulých letech se zjistilo, že původ těchto mikroorganismů nemusí být vždy v trávicím traktu, ale např. v průmyslových vodách, půdách apod. Proto je nyní jejich indikační hodnota zpochybňována a současný trend směřuje k přímému stanovení *Escherichia coli*, která je podle směrnic Světové zdravotnické organizace považována za hlavní indikátor fekálního znečištění (Baudišová 1998).

#### **Saprobní index makrozoobentosu (INDBENT)**

Tento ukazatel slouží k posouzení jakosti vody v tocích a využívá indikačních vlastností na dně žijících drobných živočichů (hmyz a jeho larvy, korýši, plži, ploštěnky apod.). Vychází z předpokladu rozdílného složení organismů v různě znečištěných vodách. To znamená, že organismy se stěhují podle stavu znečištění a podle své saprobní valence. Výhodami tohoto indexu je jeho aplikovatelnost na veškeré typy toků a zachycení vývoje jakosti v závislosti na délce života organismů (Langhammer 2012a).

## **Chlorofyl**

Chlorofyl-a je důležitou funkční součástí těla všech vyšších rostlin, řas i sinic. Z hodnoty koncentrace této látky stanovené ve vodě lze s vysokou přesností hodnotit úroveň výskytu řas a sinic v místě měření (PVL).

### **4.3.3.6. Ostatní ukazatele**

#### **Neutralizační kapacita**

Pojmem neutralizační kapacita (NK) je označena schopnost vody vázat vodíkové nebo hydroxidové ionty. U přírodních vod se jedná především o uhličitánový systém. NK rozdělujeme na zásadovou neutralizační kapacitu ( $\text{ZNK}_{\text{pH}}$ ) a kyselinovou neutralizační kapacitu ( $\text{KNK}_{\text{pH}}$ ). Tím se rozumí takové látkové množství silné jednosytné kyseliny nebo zásady v mmol, který spotřebuje jeden litr vody k dosažení určité hodnoty pH (Pitter 2009). V tomto případě k  $\text{ZNK}_{8,3}$  - celková acidita a  $\text{KNK}_{4,5}$  - celková alkalita. Ze zjištěných hodnot lze vypočítat zastoupení hydrogenuhličitánů a uhličitánů a provést kontrolu výsledků základního chemického rozboru (Pitter 2009).

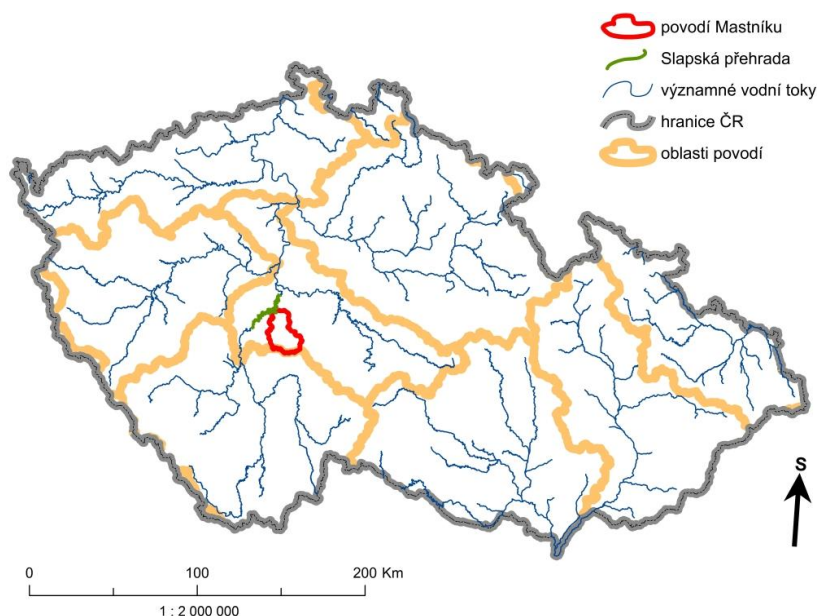
#### **Tvrdost vody**

Ve spojitosti s Ca a Mg se mluví o tzv. tvrdosti vody. Ta vyjadřuje koncentraci všech vícemocných kationtů kovů alkalických zemin. Krom výše zmiňovaných se na tvrdosti vody mohou podílet i další prvky, jako je Al, Mn, Zn a Fe (Benešová 2009). Tímto pojmem jsou těmto prvkům přisuzovány stejné chemické a biologické vlastnosti, což je chybné a proto se od tohoto názvu upouští. Společný vliv těchto prvků nespočívá v celkové koncentraci, ale v jejich vzájemném poměru. Je tedy správnější hodnotit vliv vápníku a hořčíku vždy samostatně (Pitter 2009).

## 5. Charakteristika zájmového území

Povodí Mastníku a nádrž Slapy se nachází v jižní části Středních Čech. Oba tyto útvary spadají do oblasti povodí Dolní Vltavy. Přesná lokalizace zájmového území je na obrázku 19. Mastník protéká Středočeskou pahorkatinou a je pravostranným přítokem Vltavy. Ústí do Slapské přehrady, přibližně na 103. říčním kilometru. Celková délka toku je 49,5 km a odvodňuje území o rozloze 331,5 km<sup>2</sup>. V této kapitole je uvedena fyzickogeografická charakteristika povodí, hydrografické a odtokové poměry a socioekonomická charakteristika povodí. Dále zde jsou uvedeny základní informace týkající se Slapské nádrže.

Obr. 19: Poloha povodí Mastníku a Slapské přehrady



Zdroj: ARCČR, HEIS VÚV

### 5.1. Fyzickogeografická charakteristika povodí Mastníku

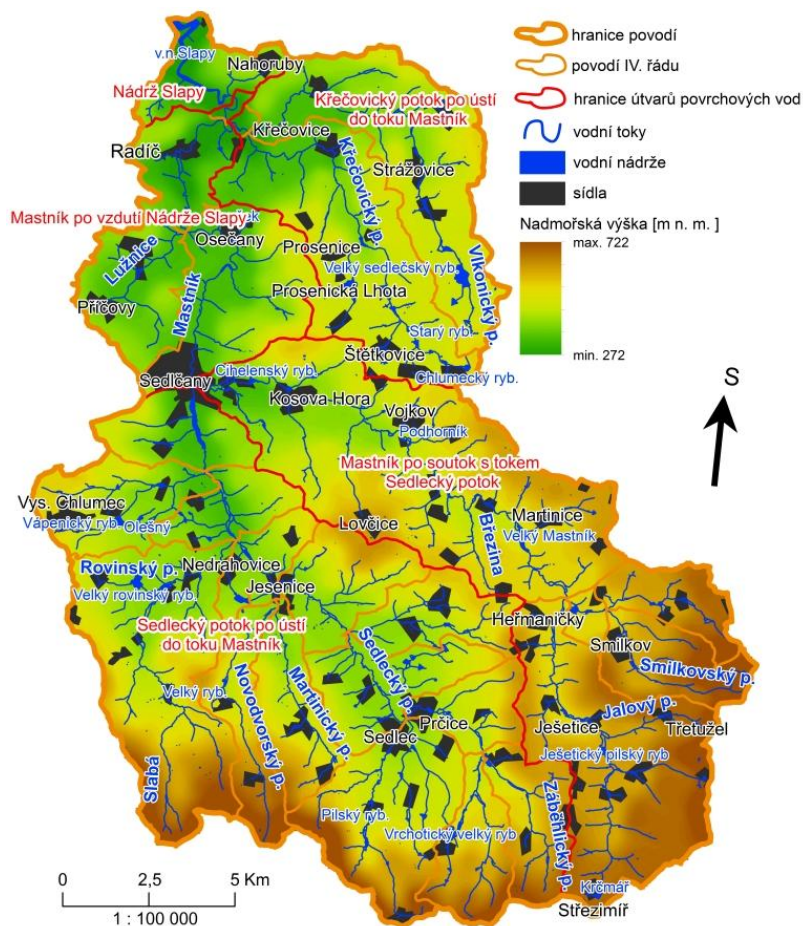
Fyzickogeografická charakteristika je podrobně zpracována v bakalářské práci autora (Mrkva 2011). Proto jsou v této kapitole uvedeny stručné charakteristiky geomorfologických, geologických, půdních, klimatických a biogeografických poměrů v zájmovém území.

Mastník z hlediska zařazení do útvaru povrchových vod patří do vodního útvaru Vltava po soutok s tokem Sázava. V samotném povodí jsou vymezeny 4 vodní útvary: Mastník po soutok s tokem Sedlecký potok, Sedlecký potok po ústí do toku Mastník, Křečovický potok po ústí do toku Mastník a Mastník po vzdutí Nádrže Slapy. Rozmístění těchto útvarů v povodí je na obrázku 20. Ten zjednodušeně mapuje sledované povodí.



Vyjma vodních útvarů jsou zde zobrazeny nejdůležitější toky a nádrže v povodí, sídla a také výšková členitost reliéfu.

Obr. 20: Mapa povodí Mastníku



Zdroj: ARCČR, HEIS VÚV

### 5.1.1. Geomorfologie území

Reliéf povodí představuje členitou pahorkatinu až vrchovinu, jejíž nadmořská výška se pohybuje okolo 400 m n. m. Typickým rysem je tedy kopcovitá krajina, ale nachází se zde i rovinaté plochy, jako je Sedlecká kotlina či oblast v okolí Štětovic (Malíček, Hlaváčková 2007). Celé povodí patří do Středočeské pahorkatiny, kterou ve sledovaném území lze rozdělit do dvou celků. První, Benešovská pahorkatina zaujímá severní část povodí a člení se na Dobříšskou a Březnickou pahorkatinu. Druhým celkem je Vlašimská pahorkatina, zasahující do celé jižní části povodí svým podcelkem Votická vrchovina (Balatka, Kalvoda 2006).

Zjednodušeně řečeno se reliéf povodí od jihu svažuje severozápadním směrem, stejným směrem, jakým směřují všechny hlavní toky v povodí. Celé povodí leží na granitoidech středočeského plutonu s erozně denudačním reliéfem. Vyskytují

se zde hřbety, tektonické klenby, svědecké vrchy a suky. Výjimku v reliéfu tvoří Sedlecká kotlina, která je tektonicky a litologicky podmíněná plochá pahorkatina (Demek 2006).

### **5.1.2. Geologická stavba**

V celém povodí vystupuje řada geologických jednotek. Plošně nejrozsáhlejší je středočeský plutonický komplex, který lze rozdělit na dílčí tělesa hlubinných vyvřelých hornin, z nich je plošně nejrozsáhlejší Sedlčanský granit, na který navazují durbachity Čertova břemene. Tyto dva typy mají velmi podobné složení. Jedná se o horninu, jejíž minerály jsou zastoupeny hlavně biotitem a amfibolem (Malíček, Hlaváčková 2007). V rámci sedlčanského granitu lze vyčlenit mladší granodiorit typu Kosova Hora, kde převládají minerály muskovit a biotit (Holub 1997). Svojí malou částí do povodí zasahuje Sedlčansko-krásohorský metamorfovaný ostrov. Toto těleso tvoří přeměněné horniny, vzniklé během variského magmatismu, převážně kontaktně metamorfovanými rohovci a cordieritickými břidlicemi (Svoboda 1933). Dalším je Křečovický ostrov s migmatity a rohovci, zasahující do severovýchodní části povodí. Poslední větší oblastí s převahou pararuly je tzv. Votická jednotka. Tento útvar je velmi pestrý. Krom pararuly se zde vyskytuje spousta dalších minerálů (amfibolity, kvarcity a erlány)(Culek 1996).

### **5.1.3. Pedologické poměry**

Za nejrozšířenější referenční třídu půd středních Čech lze označit kambisoly (Tomášek 2003). To platí i o sledovaném povodí. Kambisoly pokrývají 99 % plochy povodí. Nepatrný zbytek na jihovýchodě území je tvořen pseudoglejí. Jejich matečním substrátem jsou horniny skalního podloží jako např. žuly, ruly, pískovce apod. Kambizemě vznikají intenzivním vnitropůdním zvětráváním a jsou relativně mladé. Jejich sorpční vlastnosti se mění v závislosti na obsahu humusu a zrnitostním složení (Tomášek 2003). Kambizemě jsou vhodné půdy pro lesní hospodářství a jejich využití pro zemědělské účely závisí velmi na činnosti člověka. Jelikož povodí Mastníku je převážně zemědělského charakteru, je vliv člověka na půdní pokryv značný. Kambizemě lze v povodí rozdělit na dva podtypy. V níže položených oblastech v dolních částech toků Mastník a Sedlecký potok se nacházejí kambizemě modální. Výše položené území povodí pokrývají kambizemě districké. Ty mají oproti modálnímu typu nepříznivější půdní vlastnosti (Vašků 2013).

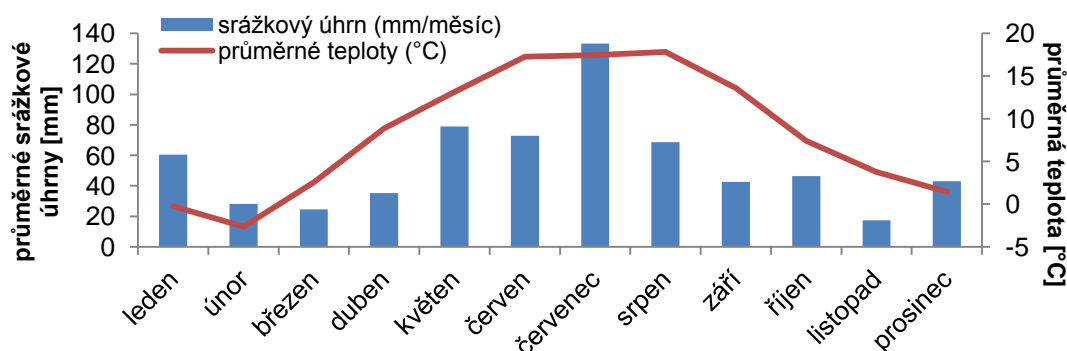
### **5.1.4. Charakteristika klimatu**

Významnou roli v klimatických poměrech v povodí hraje nadmořská výška a členitost terénu. V nejvýše položených částech povodí se dle Quitta vyskytuje chladná oblast, přesněji klimatická oblast CH 7. Zbytek povodí je tvořen mírně teplými oblastmi

od klimatického území MT 3 ve vyšších polohách na jihovýchodě povodí až po MT 11 při ústí Mastníku do Slapské nádrže. Nejrozšířenějším typem je MT 10, pro kterou je typické dlouhé, teplé léto, mírně teplá přechodná období a krátká, suchá zima s krátkým trváním sněhové pokrývky. Dalšími klimatickými regiony jsou MT 5 a MT 7 (Quitto 1971). Tyto oblasti jsou stejně jako MT 3 ovlivňovány chladnými větry z oblasti Českomoravské vrchoviny. Srážky jsou vzhledem k nadmořské výšce průměrné, v obci Miličín je průměrný roční úhrn 654 mm a na Javorové skále (CH 7) okolo 700 mm (Culek 1996).

V povodí se nachází pouze jedna klimatologická stanice, a to v obci Rudolec. Ta je lokalizována 3 km jižně od Sedlčan ve výšce 348 m n. m. Pro práci byla Českým hydrometeorologickým ústavem Praha poskytnuta data o průměrných denních teplotách a o denním srážkovém úhrnu od ledna roku 2011 do května 2013. Nejvyšší teplota 40,1 °C zde byla naměřena 27. 7. 1983 (Tolasz 2007). Průměrná teplota za sledované období byla 8,5 °C a průměrný srážkový úhrn 651 mm/rok. Tuto hodnotu velmi ovlivnil srážkově nadprůměrný květen roku 2013, protože průměrný úhrn za roky 2011 a 2012 dosahoval hodnoty 612 mm/rok. Z obrázku 21 je patrné, že nejdeštivější je měsíc červenec, kdy průměrný úhrn dosahuje hodnoty 133,3 mm. Následuje květen, červen a srpen. Srážkově nejchudším měsícem je listopad. Co se týče teplot, tak nejvyšší průměrná teplota je v červenci, a to 17,5 °C, a nejnižší průměrná teplota je v únoru (-2,7 °C).

Obr. 21: Průměrné měsíční srážkové úhrny a teploty ze stanice Radíč (leden 2011 – květen 2013)

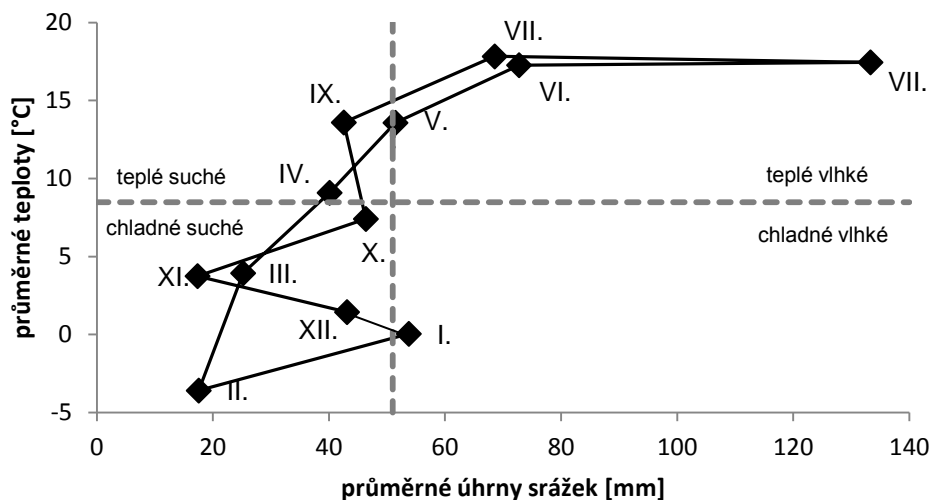


Zdroj: ČHMÚ

Klimatické podmínky na stanici Rudolec lze vyjádřit také pomocí tzv. klimogramu. Na základě rovnoběžek odpovídajících průměrné teplotě a průměrnému měsíčnímu úhrnu srážek lze rozlišit období teplá a suchá, teplá a vlhká, studená a suchá, studená a vlhká (Pivokonský 1999). Z obrázku 22 je zřejmé, že většina roku patří do suchého

období. Výjimku tvoří letní měsíce červen, červenec a srpen, a do vlhkého období patří také leden.

Obr. 22: Klimatická stanice Rudolec – klimogram za období 2011-2012



Zdroj: ČHMÚ

#### 5.1.5. Biogeografické poměry

Povodí spadá dle biogeografického členění České republiky (Culek 2005) do provincie Středoevropských listnatých lesů a podprovincie Hercynské. Severní a střední část povodí pak patří do Slapského a jižní do Votického bioregionu. Slapský bioregion má mezofilní charakter a v jeho potenciální vegetaci převažují acidofilní doubravy. Oproti tomu Votický bioregion představuje jakýsi ostrůvek potenciálních acidofilních bučin a jedlin.

V celém povodí se nachází pouze dvě chráněné lokality. Přírodní památka Kosova Hora ležící mezi stejnojmennou obcí a obcí Lavičky. Ta byla vyhlášena 5. 12. 1946 a zaujímá plochu 16,38 ha. Ochrana je zaměřena na část kulturního boru, v němž roste kručinka křídlatá. Druhou přírodní památkou v povodí je plocha přibližně 7 ha v okolí toku Křečovického potoka nad obcí Křečovice. Toto chráněné území bylo vyhlášeno v roce 1985 a důvodem ochrany je zachovalost toku a výskyt vzácných druhů řas (Malíček, Hlaváčková 2007). V povodí se také vyskytují dvě evropsky významné lokality. Jedná se o Vápenické jezero o rozloze 8,4 ha a lokalitu Jezera (4,7 ha). Obě tyto lokality se nachází v povodí Libiňského potoka. Lokalita Jezera je zajímavá díky velké populaci kuňky obecné a Vápenické jezero zaujme především bohatou vegetací stojatých vod, především porosty orobinců (PVL 2010).

## 5.2. Hydrografické a odtokové poměry povodí

Hydrografické a odtokové charakteristiky jsou podrobně zpracovány v bakalářské práci autora (Mrkva 2011). V této kapitole jsou tyto poměry shrnuty a doplněny o nová data a vlastní měření, včetně popisu povodně z června 2013.

### 5.2.1. Hydrografická charakteristika povodí

Mastník je pravostranným přítokem Vltavy. Podle absolutní řádovosti vodních toků je tokem 3. řádu. Pramení ve výšce 597,6 m n. m. u obce Střeziměř a po téměř 50 km ústí u obce Živohošť do Vltavy. Nadmořská výška při ústí dosahuje vlivem vzdutí Slapské nádrže 272 m. Celková plocha povodí je 331,5 km<sup>2</sup>. Mastník teče severozápadním směrem a postupně se do něho vlévá několik přítoků. Základní charakteristiky jednotlivých toků jsou uvedeny v tabulce 5.

Tab. 5: Základní hydrografické údaje o tocích v povodí Mastníku

název toku				délka toku (km)	nadmořská výška (m n. m.)		spád toku (m)	průměrný sklon toku (‰)	stupeň vývoje toku
tok III. řádu	tok IV. řádu	tok V. řádu	tok VI. řádu		ústí	pramen			
Mastník				49,45	272,00	597,60	325,60	6,58	0,56
Křečovický potok				15,30	304,00	486,00	182,00	11,90	0,64
Vlkonický potok				13,95	310,00	480,00	170,00	12,19	0,62
Lužnice				5,55	314,00	371,00	57,00	10,27	0,65
Sedlecký potok				22,33	338,00	642,00	304,00	13,61	0,77
Libíňský potok				6,30	346,00	491,00	145,00	23,02	0,76
Slabá				12,55	357,00	639,00	282,00	22,47	0,69
Novodvorský potok				9,10	363,00	668,00	305,00	33,52	0,82
Martinický p.				5,75	379,00	525,00	146,00	25,39	0,89
Divišovický potok				6,70	378,00	516,00	138,00	20,60	0,70
Prčický potok				9,60	402,00	634,00	232,00	24,17	0,61
Záběhlý p.				5,45	439,00	618,00	179,00	32,84	0,77
Zdabořský potok				8,10	474,00	646,00	172,00	21,23	0,60
Smilkovský potok				5,90	492,00	676,00	184,00	31,19	0,75

Zdroj: Google Earth, VÚV TGM, Základní vodohospodářská mapa, vlastní výpočty

Největším přítokem je Sedlecký potok, který plochou svého povodí odvodňuje více jak 40 % povodí Mastníku. Na obrázku 23 je znázorněna zjednodušená říční síť spolu s největšími vodními nádržemi (rybníky v povodí). V celém povodí se nachází 43 rybníků. Seznam těchto nádrží je uveden v příloze 2. Největším z nich je Velký Sedlečský rybník o rozloze 19,4 ha. Tato nádrž je vybudována na Vlkonickém potoce. Spolu s dalšími rybníky v severní polovině povodí spadá do Benešovské rybníční soustavy (Němec a kol. 2012). Hustota říční sítě je 1,35 km/km<sup>2</sup>.

Obr. 23: Zjednodušená mapa říční sítě a vodních nádrží v povodí Mastníku



Zdroj: ARCČR, HEIS VÚV

### 5.2.2. Odtokové poměry povodí

V současné době je v povodí Mastníku prováděn pravidelný monitoring vodních stavů na profilu Radíč. Český hydrometeorologický ústav poskytl pro tuto práci za období 1984 – 2012. Tento profil leží na 8,5 říčním kilometru v nadmořské výšce 301 m n. m. Toto umístění uzavírá zhruba 81 % plochy povodí Mastníku.

Dlouhodobý **průměrný průtok** je **1,242 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>**. Důležitým ukazatelem odtokových poměrů je **odtoková výška**, která v povodí dosahuje hodnoty **145,5 mm**. To znamená, že povrchovým odtokem odečte z povodí 24 % ročního srážkového úhrnu.

Základními hodnotami, které jsou na vodoměrných stanicích zjišťovány, jsou denní průtoky. Absolutní maximum průměrných denních průtoků bylo naměřeno 13. 8. 2002, kdy byl změřen průtok 63,1 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. V tento den byl naměřen i bývalý maximální okamžitý průtok, který dosáhl hodnoty 73,1 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Tento stav byl však překonán během povodňové situace v červnu 2013. Okamžitý průtok dne 2. 6. 2013 ve 21:00 byl 75,8 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

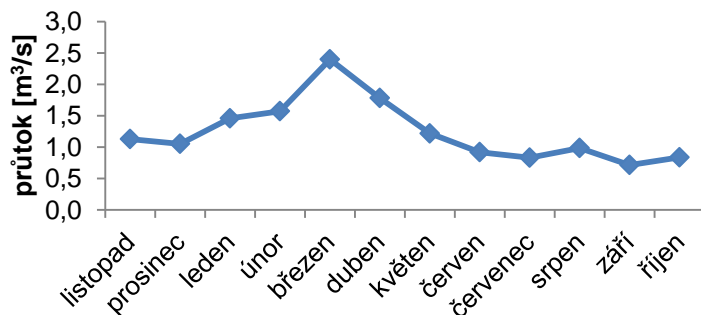
Tab. 6: Průměrné M – denní průtoky (1995 – 2012)

průtok	Q30	Q60	Q90	Q120	Q150	Q180	Q210	Q240	Q270	Q300	Q330	Q360
m <sup>3</sup> /s	3,02	2,05	1,52	1,25	1,02	0,86	0,73	0,63	0,53	0,42	0,32	0,17

Zdroj: ČHMÚ, vlastní výpočty

Nejvyšších průměrných průtoků je dosahováno v březnu, dlouhodobý průměrný průtok tohoto měsíce je  $2,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Naopak nejméně vody protéká profilem v září ( $0,71 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Z grafu na obrázku 24 je patrné, že nejvíce se na ročním odtoku podílí jaro (36 %). Naopak nejméně vody oteče v létě a na podzim, zhruba 18 %.

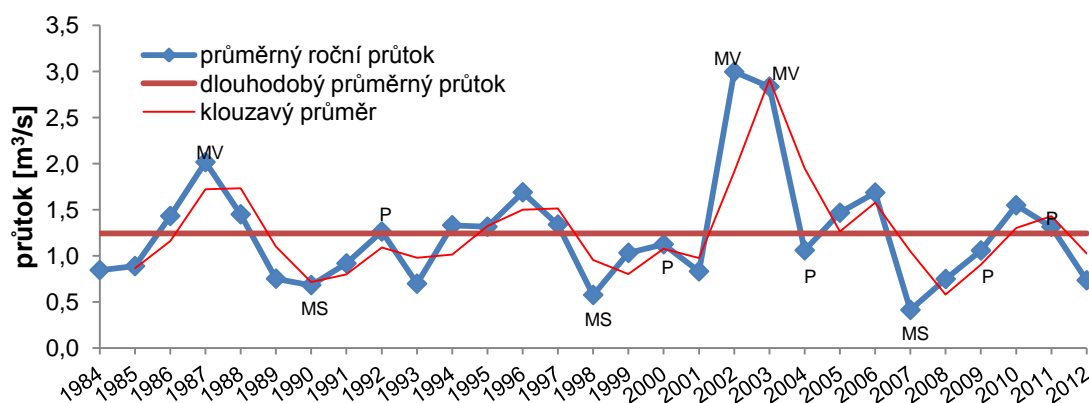
Obr. 24: Průměrné měsíční průtoky za období 1984 – 2012



Zdroj: ČHMÚ

Ve sledovaném období se vyskytnou 3 mimořádně vodné roky (1986, 2002 a 2003). Z obrázku 25 je patrné, že největší vodnosti bylo dosaženo v roce 2002. Naopak mimořádně suché roky byly 1990, 1998 a 2007. Rysy časových změn ročních průtoků jsou znázorněny také klouzavými průměry, kde bylo využito dvouletých průměrů (Netopil 1984).

Obr. 25: Vývoj průměrných ročních průtoků (1984 – 2012)



Zdroj: ČHMÚ, Netopil (1984), vlastní výpočty

### 5.2.3. Měření průtoků

V povodí byly v rámci odběrů vzorků měřeny pravidelně i průtoky na 5 profilech. K dispozici jsou tedy informace o průtoku od dubna 2012 do května 2013. Jedná se o 2 profily na horním toku Mastníku, 2 profily na Sedleckém potoce a profil na Křečovickém potoce. Charakteristika jednotlivých profilů a mapa s jejich polohou



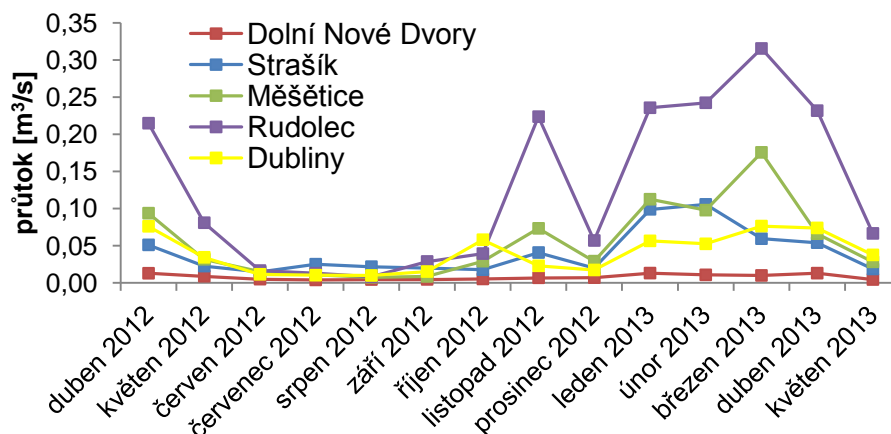
je uvedena v kapitole 4. 3. 2. Průtoky byly měřeny hydrometrickou vrtulí na vhodném úseku toku. Při tomto měření se zaznamenává hloubka, šířka profilu a rychlost proudění v daném bodě profilu. K výpočtu celkového průtoku byla použita tzv. početně – grafická metoda, která je založena na rozdělení průtočného profilu na jednotlivé průtočné plochy. Na základě jejich velikosti a rychlosti proudění se vypočtou dílčí průtoky. Po jejich sečtení zjistíme momentální průtok na sledovaném profilu. Hodnoty průtoku a jejich podíl na ročním odtoku jsou uvedeny v příloze 4.

Z obrázku 26 je zřejmé, že největší průtoky jsou měřeny na profilech Sedleckého potoka, tj. Měšetice a Rudolec. Tyto profily vzájemně kopírují své průtoky. Oba profily dosahují maximálního průtoku v březnu. Profil Měšetice na středním toku Sedleckého potoka dosahuje průtoku  $0,175 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a profil Rudolec má maximum  $0,315 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Průměrný průtok v Měšeticích za sledované období je  $0,055 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a v Rudolci  $0,127 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Zvýšené průtoky na Sedleckém potoce byly naměřeny také během listopadu vlivem vypouštění několika rybníků v povodí. Minimální průtoky byly zaznamenány v letních měsících.

Profily Dolní Nové Dvory (DND) a Strašík se nachází na horním toku Mastníku. U DND je z grafu patrná značná vyrovnanost průtoků. Ta je dána polohou profilu. Od pramene jej dělí zhruba 5 km, bez významného přítoku. Druhý profil dosahuje maxima v lednu a únoru, a to především vlivem opakovaného tání sněhové pokrývky. Průtok naměřen během února byl  $0,105 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Posledním profilem jsou Dubliny. Tento profil sleduje odtok z povodí Křečovického potoka. Maximální průtok byl naměřen v březnu ( $0,076 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), naopak minimální průtoky byly zjištěny během léta, stejně jako v celém povodí. Měsíc říjen byl ovlivněn vypouštěním několika rybníků v povodí.

Obr. 26: Průtoky na vlastních profilech (duben 2012 – květen 2013)



Zdroj: vlastní měření

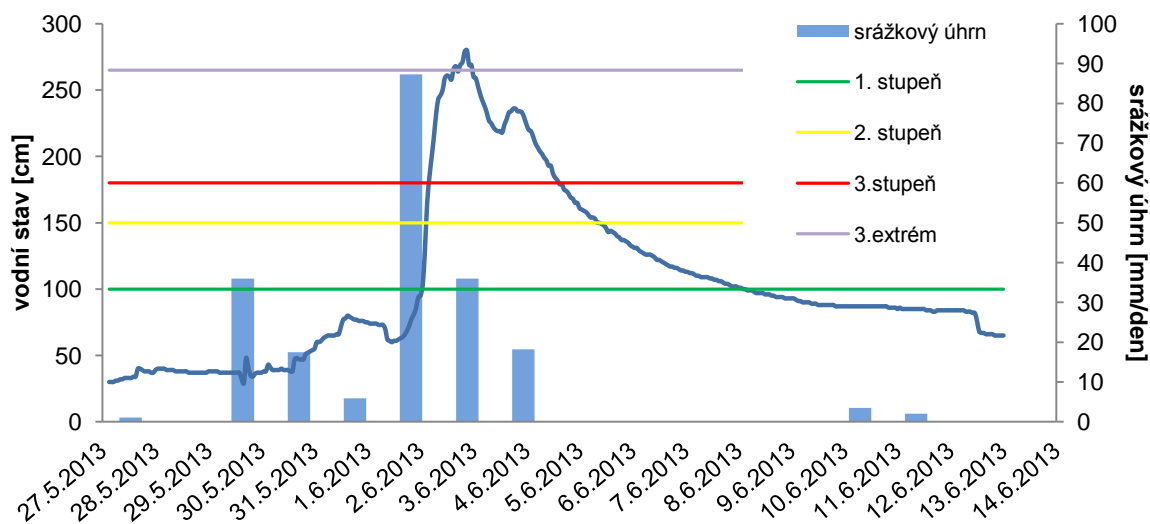


#### 5.2.4. Povodeň v květnu a červnu 2013

Na konci května 2013 zasáhly celou Českou republiku výrazné srážky. Denní srážkové úhrny výrazně převyšovaly dlouhodobé průměry. V reakci na tyto srážky došlo k výraznému vzestupu vodních hladin a průtoků na většině toků v celém povodí Labe. Zvýšené hladiny toků vedly k výrazné povodňové situaci. Na mnoha místech byl překročen 3. stupeň povodňové aktivity.

Stejná situace nastala i na sledovaném povodí toku Mastník. Povodňové okolnosti byly autorem monitorovány od 27. 5. 2013 do 13. 6. 2013. Průtok byl sledován na vodoměrné stanici Radíč a srážkový úhrn na klimatické stanici Rudolec. Měsíc květen byl srážkově nadprůměrný. K výrazným srážkám došlo 29. 5. a 30.5. Za tyto dva dny spadlo 53,5 mm. Díky tomu došlo k nasycení povodí, které již další srážkové úhrny nebylo schopno pojmout. Dne 1. 6. srážkový úhrn dosáhl hodnoty 87,3 mm/den, což je větší množství srážek než průměrný srážkový úhrn za měsíc červen. V reakci na tyto srážky došlo k výraznému vzestupu hladin po celém povodí. Ke kulminaci na profilu Radíč došlo 2. 6. 2013 ve 21 hodin. Průtok v tuto chvíli dosahoval hodnoty  $75,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a vodní stav 280 cm. Při této maximální hodnotě byl překročen limit pro extrémní povodeň. V Sedlčanech bylo dosaženo maximálního vodního stavu o pár hodin dříve a hladina na vodočtu se zastavila na 230 cm. Vývoj srážek a výšky hladiny je znázorněn na obrázku 27.

Obr. 27: Povodeň 2013 – vodoměrná stanice Radíč, meteorologická stanice Rudolec



Zdroje: ČHMÚ

Na obrázku 28 je pro porovnání patrná situace na jezu v Sedlčanech dne 2. 6. 2013 a 6. 6. 2013, kde rozdíl ve výšce hladiny nad jezem byl 140 cm.

Obr. 28: Situace na jezu v Sedlčanech během povodně 2013



Zdroj: vlastní foto (2. 6. 2013, 6. 6. 2013)

Při kontrole toků v povodí pár dní po kulminaci byly zjištěny značné nedostatky v údržbě říční sítě v povodí. Mnoho silničních mostů nesplňuje podmínky pro průtok 100leté vody v dosahu lidských sídel. Při povodních působí jako „hráze“. Díky nim dochází k zaplavení domů, dopravních staveb i zemědělských půd před nimi. Jako příklad lze uvést silniční most na horním toku Mastníku u Drahnovského mlýna (viz obr. 29), který se takto negativně projevil již třikrát od počátku roku 2013 a způsobil mnoho záplav v minulosti. Dalšími příklady, které brání průchodu povodňové vlny, jsou silniční most pod obcí Nedrahovice na Sedleckém potoce, nebo most u obce Dubliny na Křečovickém potoce (viz obr. 30). Mimo silně poddimenzovaných mostů je dalším výrazným problémem průtočnost koryt. Mnoho úseků je silně zaneseno a při vzestupu hladiny dochází k zaplavení okolních ploch. V povodí během povodní došlo také k výrazným splachům orné půdy z polí, nalezeny byly až 2 m široké a 0,5 m hluboké erozní rýhy.

Obr. 29: Silniční most u Drahnovského mlýna, Mastník (6. 6. 2013)



Zdroj: vlastní foto (6. 6. 2013)

Obr. 30: Silniční most u obce Dubliny, Křečovický potok (6. 6. 2013)



Zdroj: foto Bohumír Janský (6. 6. 2013)

### 5.3. Nádrž Slapy

Nádrž Slapy na řece Vltavě se rozprostírá ve Středních Čechách. Je vzdutá na vzdálenost 43 km, rozlohu má 1392 ha a objem 269,3 mil. m<sup>3</sup>. Maximální hloubka u hráze je 58 m (Vlček 1984).

První vážné plány stavby přehrady v oblasti Svatojánských proudů byly vypracovány za první Československé republiky. Oproti současné měla být plánovaná přehrada menší a ležet dál proti proudu (Vondrášek 2009). Příprava stavby začala zaměřením břehů v oblasti Slap již za II. světové války. Samotná výstavba vodního díla byla zahájena v roce 1949 ražením štoly pro odtokový tunel. V roce 1952 započaly stavební práce, které byly ukončeny v roce 1955. K napuštění nádrže Slapské přehrady došlo však již v roce 1954, a to díky velké povodni. Prostor nádrže byl v době této povodně částečně prázdný, a to se příznivě projevilo na celém dolním toku Vltavy a Labe (PVL).

Obr. 31: Slapská přehrada

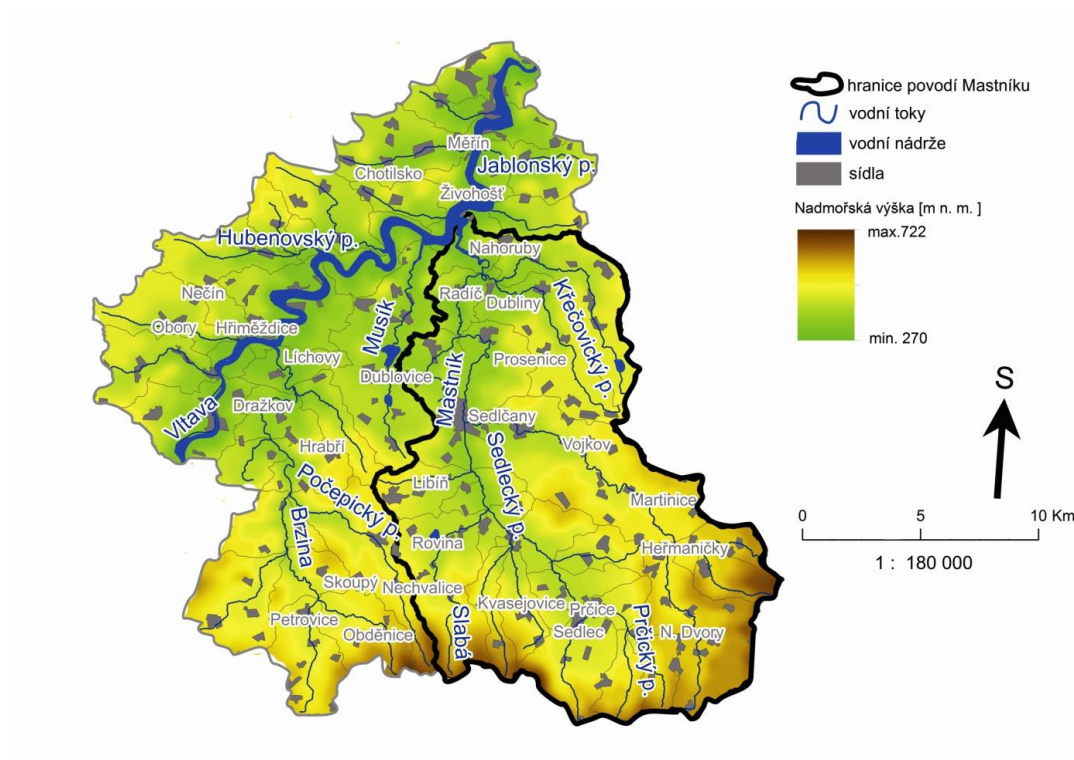


Zdroj: PVL

Slapská přehrada se nachází na 91,6 říčním kilometru Vltavy, přibližně 40 km jižně od Prahy. Přehradním tělesem je přímá betonová hráz s délkou koruny 260 m.

Dosahuje výšky 67,5 m nad základy, které jsou založené na pevném skalním podloží. Přehrada má dvě spodní výpusti a korunový přepad, který je tvořen 4 přelivovými poli (viz obr. 31). V patě hráze je umístěná elektrárna, kde jsou nainstalovány tři Kaplanovy turbíny o celkovém výkonu 144 MW (Němec, Hladný 2006). Samotná nádrž je víceúčelová. Hlavním účelem je však využití spádu pro výrobu špičkové vodní energie, nadlepšování průtoku na dolní vltavsko labské plavební trati a odběry pitné a průmyslové vody. Dalším, druhořadým účelem je rekreace. Na Slapské přehradě je mnoho rekreačních zařízení (např.: Nová Rabyně, Měřín, Živohošť, Kobylníky, Častoboř, Oboz, Cholín, Županovice, Zrůbek, Roviště).

Obr. 32: Povodí Slapské nádrže



Zdroj: ARCČR, HEIS VÚV

Nádrž Slapy má velikost povodí zhruba 13 000 km<sup>2</sup>. Do vzdutí nádrže ústí mnoho toků. Z nejvýznamnějších pravostranných to jsou Brzina, Musík a Mastník. Levá strana povodí je rozlohou menší, jak je patrné z obrázku 32. Toky a povodí zde nedosahují takového významu a velikosti (Hubenovský potok, Čelinský potok).

Dlouhodobý roční průtok nádrží je 85,2 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Z tabulky 7 je patrné, že po 30 dní v roce je průtok v nádrži větší než 188 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Naopak po 35 dní je průtok nižší než 23,9 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Průměrná doba zdržení vody je 38,5 dne, ale například v srpnu 2010 klesla pod 20 dní (Balejová, Soukupová 2012).



Tab. 7: Průměrné M-denní průtoky

průměrný dlouhodobý roční průtok (m <sup>3</sup> /s)	m - denní průtoky (m <sup>3</sup> /s)												
	Q30	Q60	Q90	Q120	Q150	Q180	Q210	Q240	Q270	Q300	Q330	Q355	Q364
85,2	188,0	132,0	104,0	85,2	71,5	60,7	51,7	44,0	37,0	30,5	23,9	17,0	12,1

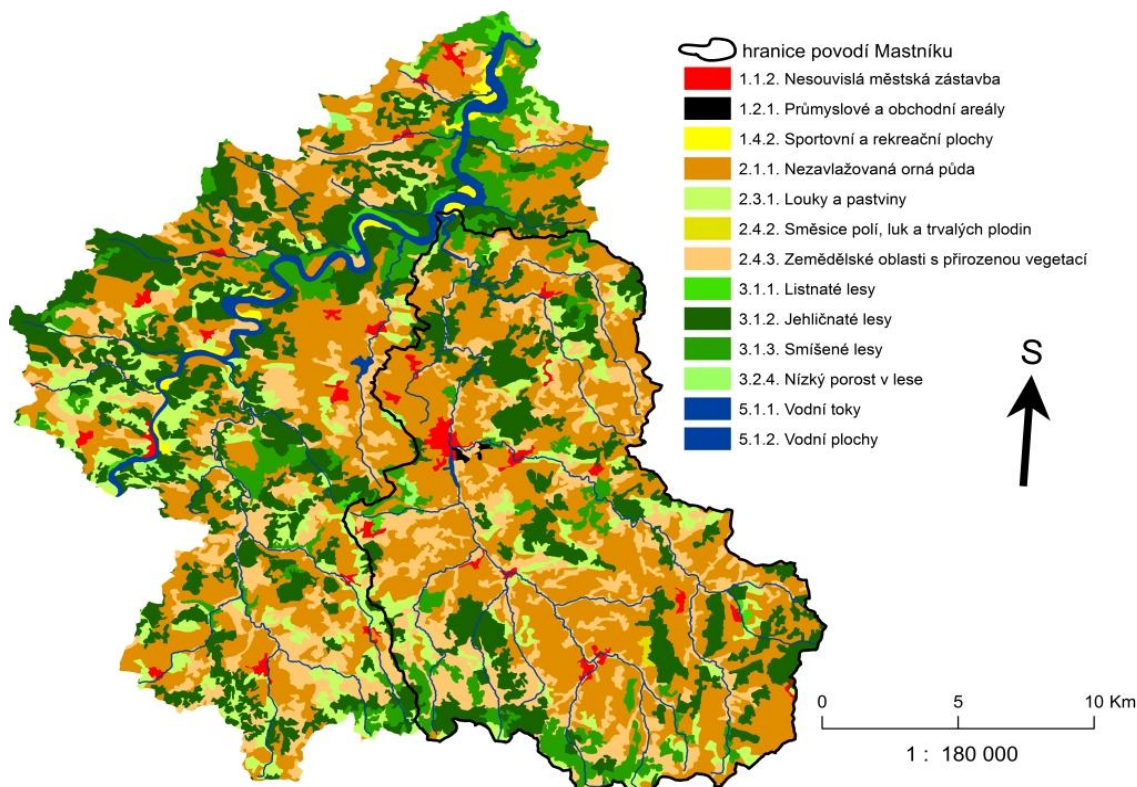
Zdroj: PVL 2010

## 5.4. Využití ploch

Pro hodnocení jakosti vody jsou velmi důležité informace o krajinném pokryvu a o využití ploch v povodí. Krajinný pokryv je závislý na fyzickogeografických i socioekonomických podmínkách. Pro hodnocení krajinného pokryvu byla využita data z databáze Corine Land Cover 2006.

V případě povodí Slapské nádrže převažují zemědělské plochy. Orná půda zabírá 40 % plochy území. Oproti tomu lesy zabírají pouze 28 % plochy, z nichž mají největší zastoupení jehličnaté lesy. Největší plochy lesů se vyskytují v úzkém pásu okolo nádrže (viz obr. 33). Minimálně jsou v povodí Slapské nádrže zastoupeny uměle přetvořené plochy. Celé povodí je totiž velmi málo urbanizováno. Vodní plochy zabírají 2 % plochy, a to především díky Slapské nádrži. Rozložení jednotlivých ploch v povodí je patrné z obrázku 33.

Obr. 33: Zastoupení krajinného pokryvu v povodí Slapské nádrže



Zdroj: Corine land cover 2006, HEIS VÚV

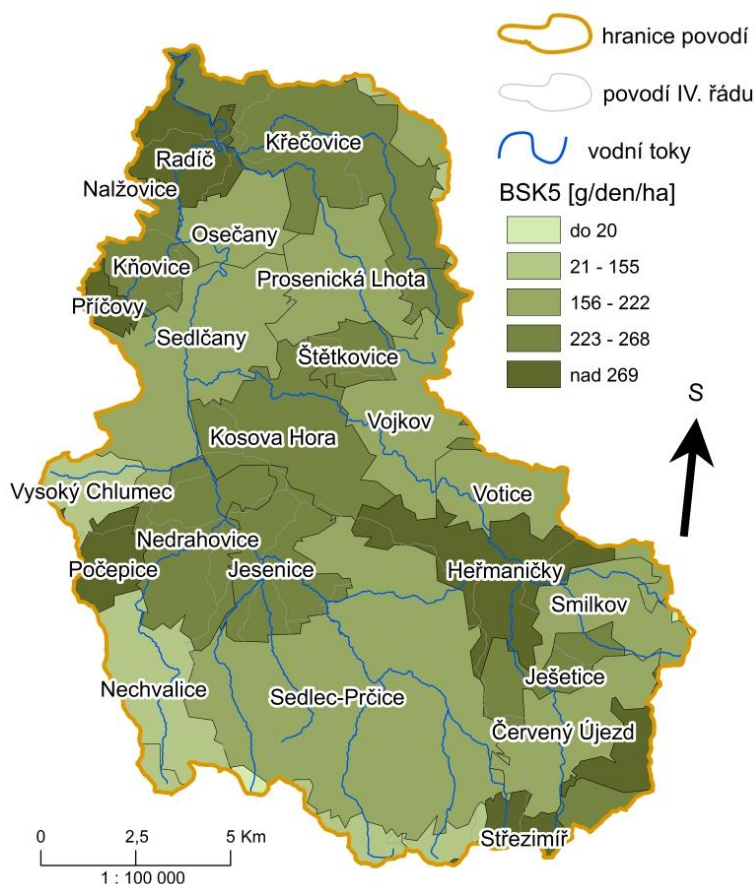
Převaha zemědělských ploch je ještě výraznější v samotném povodí toku Mastník. Zde se na krajinném pokryvu podílí nezavlažovaná orná půda 46 % z celkové plochy povodí. Z toho jasně vyplývá zemědělský ráz povodí. Lesy tvoří pouhých 23 %. Na základě rozloh jednotlivých typů krajinného pokryvu lze určit ekologickou stabilitu povodí. Na základě vzorce Míchala (1994) lze vypočítat koeficient ekologické stability ( $K_{es}$ ). Ten je určen na základě poměru relativně stabilních a labilních prvků. V případě povodí Mastníku dosahuje hodnoty 0,45, což vypovídá o intenzivně využívaném povodí zejména zemědělskou výrobou. Tím dochází k oslabení autoregulačních pochodů v ekosystému (Míchal 1994).

### **5.5. Socioekonomická charakteristika povodí Mastníku**

Charakteristika sídelní struktury a ekonomických aktivit se vztahuje především k potenciálnímu vlivu na vodní zdroje, to znamená, že se zaměřuje zejména na bodové zdroje znečištění v povodí. Jelikož tato práce navazuje na bakalářskou práci autora, kde je tato charakteristika již zpracována, jsou zde základní informace pouze shrnuty a doplněny o nové poznatky týkající se především významu čistření odpadních vod.

Vliv zemědělství na jakost vod je podrobně popsán v kapitole 3. Celé povodí sledovaného toku má převládající zemědělský charakter. Z předešlé kapitoly jasně vyplývá, že více jak 2/3 plochy jsou využívány k zemědělské činnosti a 46 % plochy povodí zaujímá orná půda. V povodí se nachází dvě výrobní oblasti: obilnářská a bramborářská. V posledních letech je patrný trend úbytku orné půdy ve výše položených oblastech a dochází k jejich přeměně na louky a pastviny. Živočišná výroba je zastoupena v povodí spíše nerovnoměrně malochovy hospodářských zvířat. Za zmínku stojí chov drůbeže DRUHAZ Sedlčany. Na obrázku 34 je pomocí kartodiagramu znázorněno potenciální znečištění povodí Mastníku živočišnou výrobou. Pro tento kartodiagram byly využity údaje o průměrném stavu hovězího skotu a vepřů k 1. 4. 2012. Kvantitativně lze tyto počty převést na populační ekvivalent znečištění, který u skotu dosahuje hodnoty 11,1 osob PEZ na 1 kus dobytka. V případě prasat je tento ekvivalent roven 5,5 (Frajer 1980). Tento údaj je pak třeba přepočítat na produkci BSK<sub>5</sub> v gramech za den na hektar katastrální výměry obce. Jeden obyvatel vyprodukuje přibližně 60 g BSK<sub>5</sub> za den (Pitter 2009). Z tohoto kartodiagramu je patrné větší potenciální zatížení ve výše položených obcích, či v obcích se značnou sklonitostí svahů, kde je menší množství ploch s ornou půdou. Jedná se o obce Střeziměř, Počepice nebo Radíč.

Obr. 34: Kartodiagram potenciálního zatížení povodí Mastníku živočišnou výrobou



Zdroj: VÚV, ČSÚ, vlastní výpočty

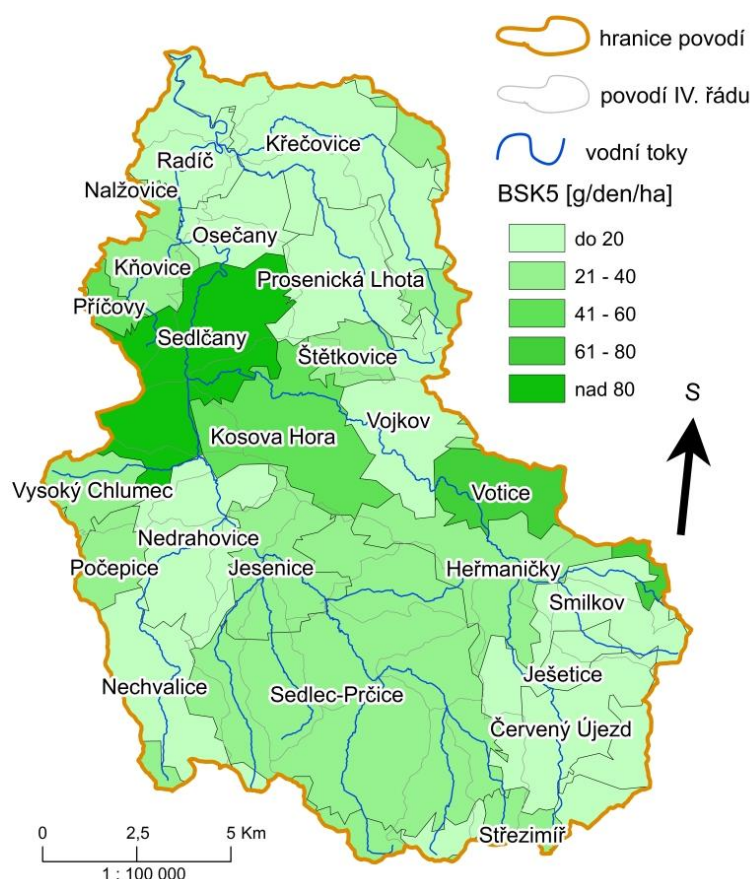
Průmyslová výroba v povodí je poměrně nízká. Ta je soustředěna do největšího centra povodí, jedná se o Sedlčany a okolní obce. Největším producentem odpadních vod je Lobkowiczský pivovar sídlící v obci Vysoký Chlumeč. Tento provoz vyprodukuje až 394 m<sup>3</sup> odpadních vod za den, ale díky vlastní ČOV tyto vody sám likviduje. Druhým největším průmyslovým producentem jsou Povltavské mlékárny v Sedlčanech, které produkují zhruba 150 m<sup>3</sup> odpadních vod. V tomto podniku se nachází předčistící zařízení odpadních vod. Využita je flotační technologie společně se srážením fosforu. Takto předčištěné odpadní vody putují do komunální ČOV Sedlčany. Dalším výrazným producentem odpadních vod je sedlčanská firma KDS Sedlčany zabývající se výrobou nožářského zboží. Součástí tohoto podniku je štěrbínová ČOV. Ostatní průmysloví znečišťovatelé v porovnání s těmito podniky produkují minimální množství odpadních vod za den. Seznam největších průmyslových znečišťovatelů v povodí je v příloze 5.

#### 5.5.1. Zatížení povodí Mastníku obyvatelstvem

V povodí žije kolem 17 000 obyvatel. Hustota zalidnění při ploše povodí 331 km<sup>2</sup> dosahuje velmi nízké hodnoty 51 obyvatel/km<sup>2</sup>. Sídla s větším počtem obyvatel

než 1000 jsou v povodí pouze tři: Sedlčany, Sedle-Prčice a Kosova Hora. Pro obyvatelstvo stejně jako pro živočišnou výrobu bylo vypočteno potenciální znečištění. Počet obyvatel byl přepočítán na produkci BSK<sub>5</sub> za den na hektar a vztažen ke katastrálním plochám jednotlivých obcí. Z obrázku 35 je patrné největší potenciální zatížení v sídle Sedlčany. Obyvatelstvo je v povodí rozmístěno relativně rovnoměrně a tomu odpovídá i potenciální zatížení. Počet obyvatel, informace o stavu ČOV a kanalizací v jednotlivých obcích v povodí jsou uvedeny v tabulce 8.

Obr. 35: Kartodiagram potenciálního zatížení povodí Mastníku obyvatelstvem



Zdroj: VÚV, ČSÚ, vlastní výpočty



Tab. 8: Potenciální znečištění povodí obyvatelstvem

obec	celková plocha obce (ha)	plocha obce v povodí		počet obyvatel (k 1. 7. 2011)		BSK <sub>5</sub>		vodovod	kanalizace	ČOV
		%	ha	celkem	v povodí <sup>4</sup>	(kg/den)	(g/den/ha)			
Borotín*	2626	8,85	232	618	55	3,28	14,12			
Červený Újezd	1259	99,91	1258	313	313	18,76	14,92	ano	ne	ne
Dublovice*	2512	0,47	12	1074	5	0,30	25,65			
Heřmaničky	1740	96,86	1685	699	677	40,62	24,10	ano	ano	ano
Chyšky*	3032	3,81	116	1083	41	2,48	21,43			
Jesenice	1291	100,00	1291	515	515	30,90	23,93	ne	ano	ano
Jistebnice*	5797	4,69	272	2015	95	5,67	20,86			
Ješetice	724	100,00	724	130	130	7,80	10,77	ano (55%)	ne	ne
Kňovice	872	89,17	778	322	287	17,23	22,16	ano	ne	ne
Kosova Hora	1877	100,00	1877	1269	1269	76,14	40,56	ano	ano	ano
Křečovice	3186	73,19	2332	727	532	31,93	13,69	ano	ano	ano
Maršovice*	2419	3,48	84	723	25	1,51	17,93			
Mezno	1563	16,99	266	358	61	3,65	13,74	ano	ne	ne
Miličín	2572	17,95	462	856	154	9,22	19,97	ano	ne	ne
Nadějkov*	2409	2,66	64	743	20	1,19	18,51			
Nalžovice*	1562	0,28	4	574	2	0,10	22,05			
Nedrahovice	1644	100,00	1644	460	460	27,60	16,79	ano	ne	ne
Nechvalice	2459	52,41	1289	626	328	19,69	15,27	ano	ne	ne
Neustupov*	2869	0,53	15	522	3	0,17	10,92			
Neveklov*	5446	4,57	249	2508	115	6,88	27,63			
Osečany	836	100,00	836	261	261	15,66	18,73	ano	ne	ne
Počepice	1320	40,53	535	538	218	13,08	24,45	ne	ne	ne
Prosenická Lhota	1403	100,00	1403	479	479	28,74	20,48	ne	ne	ne
Příčovy	309	77,72	240	288	224	13,43	55,92	ne	ne	ne
Radič	1250	50,21	628	201	101	6,06	9,65	ano	ne	ne
Sedlčany	3646	65,79	2399	7589	4993	299,57	124,89	ano	ano	ano
Sedlec-Prčice	6411	99,79	6398	2838	2832	169,92	26,56	ano	ano	ano
Smilkov	1120	95,77	1073	254	243	14,60	13,61	ano	ne	ne
Střezimíř	819	38,81	318	301	117	7,01	22,05	ano	ne	ne
Štětkovice	498	100,00	498	313	313	18,78	37,71	ano	ne	ne
Stranný*	551	9,43	52	112	11	0,63	12,20			
Vojkov	1554	89,22	1386	515	459	27,57	19,88	ano (65%)	ano (20%)	ano <sup>1</sup>
Votice	3641	30,42	1108	4581	1394	83,61	75,49	ano	ano	ano <sup>2</sup>
Vrchotovy Janovice	2307	14,50	335	946	137	8,23	24,60	ano	ne	ne
Vysoký Chlumeč	2392	25,38	607	859	218	13,08	21,55	ano	ne	ano <sup>3</sup>

poznámky:

\* = více jak 90 % území obce se nachází mimo sledované povodí

	uvažováno o výstavbě
	plánovaná výstavba
	ve výstavbě

1 = ČOV Domov důchodců, napojeno 20 % obce, v plánu postavit novou

2 = ČOV je mimo povodí

3 = ČOV pivovaru Lobkowicz, v plánu její rozšíření

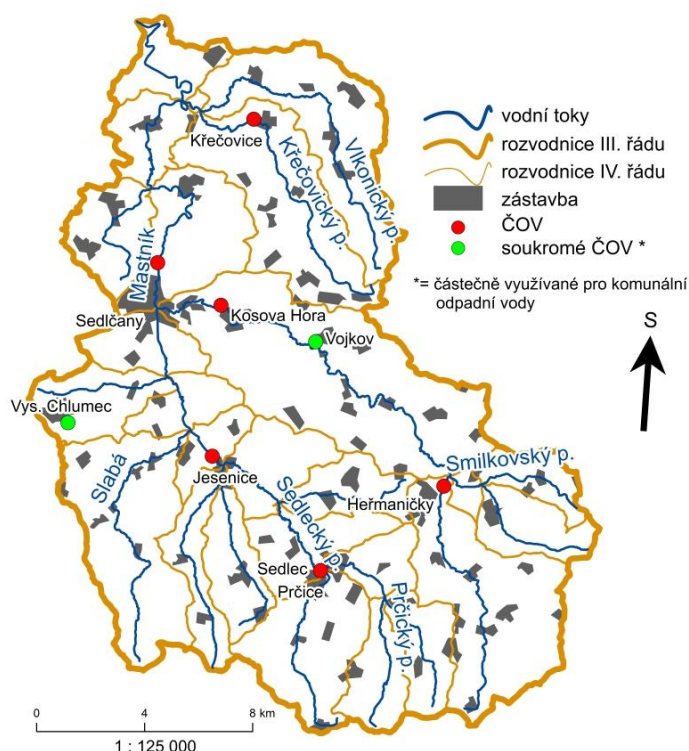
4 = výpočet na základě plochy obce v povodí

Zdroj: ČSÚ, Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Středočeského kraje

### 5.5.2. Čistírny odpadních vod v povodí Mastníku

Při výpočtu potenciálního zatížení povodí jsou brány v potaz pouze hodnoty možného produkovaného znečištění. Jedná se o takovou situaci, při které by v povodí nebyly žádné systémy na jímání a sanaci odpadních vod. V tabulce 8 jsou uvedeny rovněž údaje o napojení obyvatelstva na veřejné kanalizace a ČOV. Dále jsou zde barevně odlišeny fáze výstavby a plánování nových kanalizačních sítí a komunálních ČOV. Od jara roku 2013 započala výstavba kanalizační sítě a obecní čistírky odpadních vod v Příčovech. V této obci žilo v roce 2012 pouhých 288 obyvatel, ale díky velkému stavebnímu rozvoji je jasné, že v této obci bude během pár let populace mnohem vyšší. Proto je výstavba této ČOV pro povodí důležitá. Také v tomto roce začne výstavba kanalizační sítě a ČOV v městys Vysoký Chlumec. Délka kanalizace by měla dosahovat 7 km a vyčištěné odpadní vody budou vypouštěny do Chlumeckého potoka, který patří do povodí Sedleckého potoka. V současnosti v povodí funguje celkem 6 čistíren komunálních vod, další průmyslové čistírny (ČOV pivovaru Vysoký Chlumec) a také ČOV odpadních vod specifických objektů. Jako příklad lze uvést ČOV Domova důchodců ve Vojkově nebo ČOV SOU Sedlčany v Červeném Hrádku. Pro tuto kapitolu jsou využity informace od společnosti 1.SčV, spol. s r.o., která provozuje vodovody a kanalizace v Sedlčanech a Kosově Hoře. Další informace o obecních ČOV poskytly obecní úřady Jesenice a Křečovice.

Obr. 36: Lokalizace komunálních ČOV v povodí



Zdroj: HEIS VÚV, Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Středočeského kraje

### 5.5.2.1. ČOV Kosova Hora

Obec Kosova Hora leží zhruba 6 km od Sedlčan. Odpadní vody jsou odváděny kombinovanou stokovou sítí do čistírny odpadních vod. Vyčištěné odpadní vody jsou vypouštěny do toku Mastník. V roce 2012 bylo v průměru do ČOV přivedeno 246 m<sup>3</sup> za den stokovou sítí, jejíž délka je 2,6 km a na ní se nachází jedna odlehčovací komora. Čistírna odpadních vod byla uvedena do plného provozu v roce 2004 a její kapacita činí 1000 EO. Jedná se o mechanicko-biologickou ČOV s konfigurací D-N a simultánním srážením fosforu. Na čistírně probíhá aerobní stabilizace kalu. Účinnost této ČOV je v roce 2012 v porovnání se Sedlčany značně slabší. V případě fosforu dosahuje hodnoty 74,3 %, což znamená vypuštění 200 kg P<sub>C</sub> do vodního toku za rok. Ještě nižší je účinnost v případě celkového dusíku.

Tab. 9: Přehled výsledků ČOV Kosova Hora za rok 2012

ČOV		průtok (m <sub>3</sub> /rok)		BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	P <sub>C</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>4</sub>	Nc	NL	účinnost v %			
												BSK <sub>5</sub>	P <sub>C</sub>	Nc	N-NH <sub>4</sub>
Kosova Hora	přítok	90 418	mg/l	92,8	249,2	8,8	2,7	0,5	47,5	70,7	87,2	96,0	74,3	70,3	86,6
			t/rok	8,4	22,5	0,8	0,2	0,05	4,3	6,4	7,9				
	odtok		mg/l	3,7	32,0	2,3	10,6	0,2	6,4	21,0	2,5				
			t/rok	0,3	2,9	0,2	1,0	0,01	0,6	1,9	0,2				

Zdroj: 1. SčV

### 5.5.2.2. ČOV Sedlčany

Odpadní vody z městské aglomerace, včetně vod srážkových, jsou gravitačně odváděny jednotnou stokovou sítí na čistírnu odpadních vod. V roce 2012 činilo průměrné množství odpadních vod přivedených na ČOV 1643 m<sup>3</sup>/den. Celková délka stokové sítě je 28 km a v ní se vyskytuje 6 odlehčovacích komor. Nejobjemnější komora se nachází těsně před samotnou čistírnou. Samotná čistírna je situována na levém břehu potoka Mastník pod Sedlčanskou kotlinou. Jedná se o mechanicko-biologickou ČOV s konfigurací D-N, simultánním srážením fosforu a mezofilní stabilizací kalu. Do této podoby byla přestavěna v roce 2003 během rozsáhlé rekonstrukce. Předtím byla uvedena do zkušebního provozu v roce 1994 a do trvalého provozu v roce 1996. Až do roku 1994 fungovala stará čistírna odpadních vod, která svojí kapacitou a technologií čištění neodpovídala potřebám města. Čistírna je svojí projektovou kapacitou jednoznačně největší v povodí. Kapacita čistírny činí 23 000 ekvivalentních obyvatel (EO). V tabulce 9 jsou uvedeny hodnoty koncentrací a celkového množství sledovaných parametrů, které na tuto čistírnu přitékají. Dále jsou zde uvedeny i informace o stavu těchto parametrů na odtoku. Čistírna dosahuje poměrně vysoké

účinnosti v odbourávání organických látek, fosforu a amoniakálního dusíku. Ale i při účinnosti vyšší než 95 % u celkového fosforu se do povodí dostává zhruba 400 kg fosforu za rok.

Tab. 10: Přehled výsledků ČOV Sedlčany za rok 2012

ČOV		průtok (m <sub>3</sub> /rok)		BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	P <sub>C</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>L</sub>	účinnost v %			
												BSK <sub>5</sub>	P <sub>C</sub>	N <sub>c</sub>	N-NH <sub>4</sub>
Sedlčany	přítok	599 969	mg/l	470,3	901,9	13,8	3,0	0,8	50,1	84,3	396,1	99,3	95,7	88,6	99,1
			t/rok	282,2	541,1	8,3	1,8	0,5	30,1	50,6	237,7				
	odtok		mg/l	3,2	26,9	0,6	6,7	0,1	0,4	9,6	3,0				
			t/rok	1,9	16,2	0,4	4,0	0,1	0,3	5,8	1,8				

Zdroj: 1. SčV

### 5.5.2.3. Ostatní komunální čistírny odpadních vod

Na Mastníku se nachází ještě jedna obecní ČOV, a to v obci Heřmaničky. O této čistírně nejsou k dispozici přesné údaje týkající se technologie a účinnosti probíhajících procesů. Základní informace jsou v tabulce 12. Tato ČOV byla uvedena do zkušebního provozu v roce 2005 a její kapacita činí 500 EO.

V povodí Sedleckého potoka jsou obecní ČOV v obcích Jesenice a Sedlec-Prčice. Jesenická čistírna byla uvedena do provozu v roce 2006. Jde o mechanicko-biologickou ČOV s konfigurací D-N a aerobní stabilizací kalu. Hodnocení účinnosti v roce 2012 bylo poskytnuto pouze v omezeném rozsahu, jak je patrné z tabulky 11. V průměru je denní průtok čistírnou 33m<sup>3</sup> za den a její kapacita je 660 EO. Čistírna v Sedlci-Prčici byla uvedena do provozu po rekonstrukci během roku 2006. Její kapacita činí 2550 EO. Více informací o činnosti není pro tuto práci k dispozici.

Nejnovější čistírna byla do zkušebního provozu uvedena v červenci 2012. Jedná se o ČOV Křečovice, ze které jsou vody odváděny do Křečovického potoka. Tato čistírna je projektována pro 500 EO. S ohledem na krátkou dobu trvání provozu nejsou k dispozici posudky o dosahované účinnosti a skutečné zátěži. Tyto údaje mohou být k dispozici až po vyhodnocení zkušebního provozu.

Tab. 11: Přehled výsledků ČOV Jesenice za rok 2012

ČOV		průtok (m <sub>3</sub> /rok)		BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	N-NH <sub>4</sub>	NL	účinnost v %		
								BSK <sub>5</sub>	N-NH <sub>4</sub>	
Jesenice	přítok	12 320	mg/l	370,0	800,0	119,8	382,5	97,5	93,5	
			t/rok	4,6	9,9	1,5	4,7			
	odtok		mg/l	9,2	59,6	7,8	8,3			
			t/rok		0,1	0,7	0,1			0,1

Zdroj: OÚ Jesenice

Tab. 12: Dostupné údaje o ostatních ČOV

		ČOV Heřmaničky	ČOV Křečovice	ČOV Sedlec- Prčice
uvedení do provozu		2005	2012	2006 (po rekonstrukci)
kapacita (EO)		500	500	2550
přítok	odpadních vod (m <sup>3</sup> /den)	86		300
	BSK <sub>5</sub> (kg/den)	30		120

Zdroj: OÚ Křečovice, Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Středočeského kraje

## 6. Výsledky

V této kapitole jsou zahrnuty všechny výsledky týkající se jakosti povrchových vod v povodí Mastníku, včetně určení stavu vodních útvarů na základě normy environmentální kvality. Dále je zde vyhodnocen látkový odnos z povodí a stručně analyzována jakost sedimentů na profilu Radíč. Součástí je také zhodnocení kvality vody na dvou profilech Slapské nádrže a jejich srovnání se zátokou Mastník.

### 6.1. Jakost povrchových vod v povodí toku Mastník

Vyhodnocení kvality povrchových vod je stěžejním cílem této práce. Tento oddíl je rozdělen do podkapitol podle zdrojů dat. V první části je vyhodnocen vlastní monitoring. Na toto hodnocení navazují výsledky dat poskytnutých státním podnikem Povodím Vltavy. Na závěr jsou veškeré poznatky shrnuty a z nich vyvozeny závěry pro celé povodí.

#### 6.1.1. Vyhodnocení vlastního monitoringu

Vlastní monitoring probíhal na šesti profilech v povodí Mastníku. Jejich rozmístění ve sledovaném území a stručná charakteristika je obsažena v kapitole 4. V této kapitole jsou také popsány sledované parametry a způsob jejich analýzy. Odběry v terénu probíhaly v období mezi dubnem 2012 a červnem 2013. Celkem je tedy získaná datová řada v přibližně měsíčním intervalu po dobu 15 měsíců. K posouzení kvality vody byly zvoleny různé hodnotící přístupy. Základním způsobem klasifikace je hodnocení podle české technické normy 75 7221. Způsob hodnocení je popsán v kapitole 4.2. Výsledky hodnocení a klasifikace jsou vyjádřeny tabelárně. V tabulkách jsou ke každému parametru přiřazeny informace o celkovém počtu stanovení, o počtu stanovení pod mezí stanovitelnosti. Dále je v tabulkách uveden průměr a medián koncentrací za sledované období. V neposlední řadě také charakteristická hodnota C (90), podle níž je parametr zařazen do jakostní třídy. Toto vyjádření výsledků odpovídá požadavkům ČSN 75 7221. Celkový rozsah sledovaných ukazatelů nesplňuje podmínky této normy, a proto jsou profily vlastního monitoringu zařazeny do jakostních tříd pouze orientačně. Sledované profily byly rozděleny do čtyř tabulek podle příslušnosti k vodním útvarům v povodí. Pro snadnější sledování byly také barevně označeny. Zvolená barva je poté použita ve všech grafech týkajících se příslušného profilu. Veškeré naměřené hodnoty jsou uvedeny v přílohách 6 - 11.

Prvním vodním útvarem je Mastník po soutok se Sedleckým potokem. V tomto útvaru se nachází dva profily vlastní sítě monitoringu. Jedná se o profily Dolní Nové Dvory (DND) a Strašík. Obě tato odběrová místa leží na horním toku

Mastníku. Většina ukazatelů spadá do I. a II. třídy jakosti. Jediným problémem jsou organické látky. Ukazatel CHSK<sub>Mn</sub> zhoršuje na profilu Strašík celkovou jakost toku na III. třídu. Vzhledem k zemědělskému charakteru povodí jsou tyto výsledky překvapivé, protože tyto ukazatele dokumentují především bodové zdroje znečištění organickými látkami. Avšak malému vlivu bodových zdrojů znečištění napovídají i zvýšené koncentrace BSK<sub>5</sub> a amoniakálního dusíku. Z tabulky 13 je patrné zařazení profilu DND do II. třídy jakosti. Tato třída představuje mírně znečištěnou vodu. Vzhledem k poloze profilu na horním toku Mastníku se tento stav očekával. Profil Strašík je již více ovlivněn bodovými zdroji znečištění. Na toku leží několik menších obcí a také obec Heřmaničky s obecní ČOV. Ta se nachází zhruba 800 m nad tímto profilem.

Tab. 13: Jakost vod ve vodním útvaru Mastník po soutok se Sedleckým potokem (vlastní monitoring)

vodní útvar	Mastník po soutok s tokem Sedlecký potok											
sledované období	2012 – 2013											
název profilu	Dolní Nové Dvory (DND)						Strašík					
parametr	počet stan.	pod mezí	průměr	medián	C (90)	třída	počet stan.	pod mezí	průměr	medián	C (90)	třída
průtok (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	14	0	0,01	2,28			14	0	0,04	1,88		
teplota vody (°C)	15	0	7,60	2,28			15	0	7,93	1,88		
Ph	15	0	7,44	2,28			15	0	7,55	1,88		
el. konduktivita (mS/m)	15	0	23,28	2,28	26,6	I	15	0	24,55	1,88	27,7	I
rozpuštěný kyslík (mg/l)	15	0	10,40	1,09	14,7	I	15	0	10,61	1,37	13	I
BSK <sub>5</sub> (mg/l)	15	0	2,20	0,88	4,2	II	15	1	1,98	1,12	3	II
CHSK <sub>Mn</sub> (mg/l)	15	0	7,51	0,88	8,5	II	15	0	7,57	1,12	9,5	III
amoniakální dusík (mg/l)	15	0	0,27	0,41	0,6	II	15	0	0,24	0,99	0,4	II
dusičnanový dusík (mg/l)	15	0	1,15	0,87	1,7	I	15	0	1,10	0,91	1,8	I
dusitanový dusík (mg/l)	15	0	0,03	0,38	0,05		15	0	0,03	0,57	0,05	
fosforečnanový fosfor (mg/l)	15	0	0,06	0,87	0,12		15	0	0,12	0,91	0,3	
chloridy (mg/l)	15	0	12,77	1,35	18,25	I	15	0	14,69	1,25	21	I
mangan (mg/l)	15	13	0,02	0,87	0,06	I	15	12	0,04	0,91	0,12	II
železo (mg/l)	15	0	0,27	1,35	0,3	I	15	0	0,22	1,25	0,35	I
vápník (mg/l)	15	0	38,96	1,58	51	I	15	0	35,53	1,41	45	I
acidita (mmol/l)	15	0	0,30	1,35	0,68		15	0	0,32	1,25	0,58	
alkalita (mmol/l)	15	0	1,24	1,58	1,7		15	0	1,44	1,41	1,9	
tvrdost (mmol/l)	15	0	1,48	1,80	2		15	0	1,63	1,56	2,25	
celková třída jakosti						II						III

Zdroj: vlastní měření a výpočty

Na Sedleckém potoce byly také zavedeny dva vlastní profily, a to Měšetice a Rudolec. Tato místa odběrů jsou potenciálně ovlivněna bodovými i plošnými zdroji znečištění. Podle výsledných tříd jakosti patří profil Měšetice do III. jakostní třídy

a nejhorších koncentrací dosahují parametry  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Mn}$  a  $N-NH_4$ . To svědčí o převaze bodových zdrojů znečištění, především tedy znečištěním z obce Sedlec-Prčice, přičemž ČOV se nachází zhruba 1,5 km nad tímto profilem. Na vyšších koncentracích těchto parametrů se může ale podílet i zemědělství. Organické látky mohou pocházet z živočišné výroby a v některých dusíkatých hnojivech jsou obsaženy amonné soli (Langhammer 2009). Profil Rudolec patří až do IV. jakostní třídy vlivem zvýšené koncentrace  $CHSK_{Mn}$ . Takto vysoká koncentrace je způsobena především pivovarem Vysoký Chlumec, který leží v povodí Libiňského potoka. Profil se nachází několik metrů pod soutokem tohoto toku a Sedleckého potoka. Mezi profily Měšetice a Rudolec se nachází obec Jesenice s obecní ČOV. V porovnání s Měšeticemi došlo k poklesu koncentrace amoniakálního dusíku. Tento pokles je spojován se zvýšením průtoku, jelikož koncentrace z bodových zdrojů znečištění s rostoucím průtokem klesá. Výsledné hodnoty všech sledovaných ukazatelů jsou uvedeny v tabulce 14.

Tab. 14: Jakost vod ve vodním útvaru Sedlecký potok po ústí do toku Mastník (vlastní monitoring)

vodní útvar	Sedlecký potok po ústí do toku Mastník											
sledované období	2012 – 2013											
název profilu	Měšetice						Rudolec					
parametr	počet stan.	pod mezí	průměr	medián	C (90)	třída	počet stan.	pod mezí	průměr	medián	C (90)	třída
průtok ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	14	0	0,06	2,01			14	0	0,13	2,30		
teplota vody ( $^{\circ}C$ )	15	0	8,37	2,01			15	0	8,13	2,30		
Ph	15	0	7,54	2,01			15	0	7,63	2,30		
el. konduktivita (mS/m)	15	0	31,80	2,01	38,4	I	15	0	32,71	2,30	39	I
rozpuštěný kyslík (mg/l)	15	0	9,05	1,04	13,6	I	15	0	9,25	1,00	13	I
$BSK_5$ (mg/l)	15	1	4,09	0,96	7	III	15	0	3,49	0,89	5,3	III
$CHSK_{Mn}$ (mg/l)	15	0	10,33	0,96	13,8	III	15	0	10,99	0,89	15,7	IV
amoniakální dusík (mg/l)	15	0	0,60	0,68	1,15	III	15	0	0,25	0,52	0,5	II
dusičnanový dusík (mg/l)	15	0	0,91	0,77	1,6	I	15	0	0,87	0,72	1,4	I
dusitanový dusík (mg/l)	15	0	0,06	0,29	0,1		15	0	0,04	0,19	0,05	
fosforečnanový fosfor (mg/l)	15	0	0,35	0,77	0,8		15	0	0,36	0,72	0,96	
chloridy (mg/l)	15	0	26,88	1,25	35	I	15	0	28,47	1,25	37,2	I
mangan (mg/l)	15	1	0,14	0,77	0,24	II	15	3	0,13	0,72	0,12	II
železo (mg/l)	15	0	0,29	1,25	0,43	I	15	0	0,27	1,25	0,38	I
vápník (mg/l)	15	0	45,85	1,72	51	I	15	0	44,81	2,11	51	I
acidita (mmol/l)	15	0	0,37	1,25	0,77		15	0	0,30	1,25	0,58	
alkalita (mmol/l)	15	0	2,03	1,72	2,9		15	0	1,97	2,11	2,7	
tvrdost (mmol/l)	15	0	1,92	2,20	2,35		15	0	1,91	2,98	2,5	
celková třída jakosti						III						IV

Zdroj: vlastní měření a výpočty



V tabulce 15 jsou uvedeny výsledky hodnocení a klasifikace pro profil Dubliny, který leží ve vodním útvaru Křečovický potok po ústí do toku Mastník a pro profil Zátoka Mastníku, který spadá již do vodního útvaru Nádrž Slapy. Profil Dubliny většinou svých ukazatelů spadá do I. a II. třídy jakosti. Výjimkou je již několikrát zmiňované  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ , které zařazuje tento profil až do IV. jakostní třídy. Profil nazvaný Zátoka Mastníku je již ovlivněn vzdutím vody ve Slapské přehradě, a proto jsou výsledky ovlivněny pomalou rychlostí toku, což přes zimu vedlo i k zámrzům profilu. Odběr vzorků tím byl značně ztížen a jednotlivé parametry byly ovlivněny především změnami v přísunu kyslíku. Tento profil je při hodnocení opět ovlivněn parametrem  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ , který spadá do IV. jakostní třídy. Ve III. třídě jakosti je parametr  $\text{BSK}_5$ . Zbylé ukazatele se řadí do I. nebo II. třídy jakosti.

Tab. 15: Jakost vod ve vodním útvaru Křečovický potok po ústí do toku Mastník a v zátoce Mastníku (vlastní monitoring)

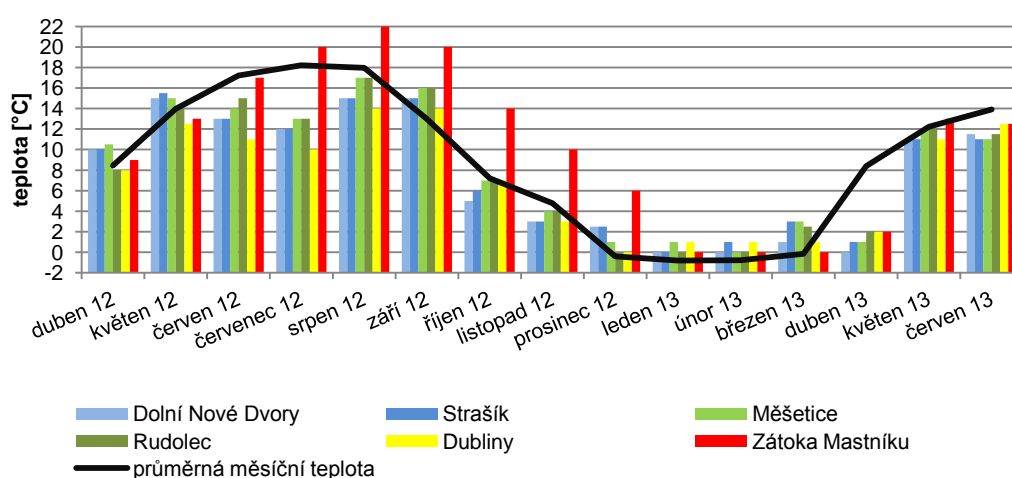
vodní útvar	Křečovický potok po ústí do toku Mastník						Nádrž Slapy					
sledované období	2012 – 2013											
název profilu	Dubliny						zátoka Mastníku					
Parametr	počet stan.	pod mezí	průměr	medián	C (90)	třída	počet stan.	pod mezí	průměr	medián	C (90)	třída
průtok (m³.s⁻¹)	14	0	0,04	1,38								
teplota vody (°C)	15	0	7,20	1,38			15	0	10,57	4,79		
Ph	15	0	7,73	1,38			15	0	7,92	4,79		
el. konduktivita (mS/m)	15	0	34,59	1,38	42	II	15	0	25,47	5,00	32	I
rozpuštěný kyslík (mg/l)	15	0	9,86	0,71	12	I	15	0	10,32	0,88	13,6	I
BSK <sub>5</sub> (mg/l)	15	0	2,10	0,71	3	II	15	0	3,95	0,73	5	III
CHSK <sub>Mn</sub> (mg/l)	15	0	10,34	0,92	16	IV	15	0	11,37	0,73	15,7	IV
amoniakální dusík (mg/l)	15	0	0,17	0,29	0,26	I	15	0	0,23	0,31	0,5	II
dusičnanový dusík (mg/l)	15	0	1,14	0,92	1,6	I	15	0	0,73	0,67	1,3	I
dusitanový dusík (mg/l)	15	0	0,03	0,29	0,04		15	0	0,03	0,19	0,06	
fosforečnanový fosfor (mg/l)	15	0	0,17	0,92	0,32		15	0	0,11	0,67	0,15	
chloridy (mg/l)	15	0	26,04	1,56	33,7	I	15	0	22,37	1,14	30	I
mangan (mg/l)	15	10	0,02	0,92	0,06	I	15	10	0,02	0,67	0,06	I
železo (mg/l)	15	0	0,30	1,56	0,5	II	15	0	0,17	1,14	0,3	I
vápník (mg/l)	15	0	46,51	2,12	54	I	15	0	36,57	1,52	44	I
acidita (mmol/l)	15	0	0,27	1,56	0,46		15	0	0,24	1,14	0,48	
alkalita (mmol/l)	15	0	2,03	2,12	2,7		15	0	1,56	1,52	2	
tvrdost (mmol/l)	15	0	2,09	2,68	2,7		15	0	1,65	1,90	2,15	
celková třída jakosti						IV						IV

Zdroj: vlastní měření a výpočty

#### 6.1.1.1. Teplota, vodivost, pH

Průběh teploty vody ve sledovaném období zachycuje graf na obrázku 37. V tomto grafu je kromě teploty vody na jednotlivých profilech zobrazen také průběh průměrných měsíčních teplot vzduchu. Vývoj v chodu teploty vzduchu zhruba odpovídá teplotám vody. Vypovídající schopnost této křivky je však omezená. Dlouhodobé sledování teplot vzduchu na jediném místě v povodí nelze porovnávat s jediným měřením teploty vody v měsíčním chodu. Hodnoty teploty vody jsou ovlivněny momentálním krátkodobým stavem počasí a také denní dobou měření. Proto je v některých měsících teplota vody vyšší než průměrná teplota vzduchu.

Obr. 37: Chod teplot vody na sledovaných profilech (duben 2012 – červen 2013)

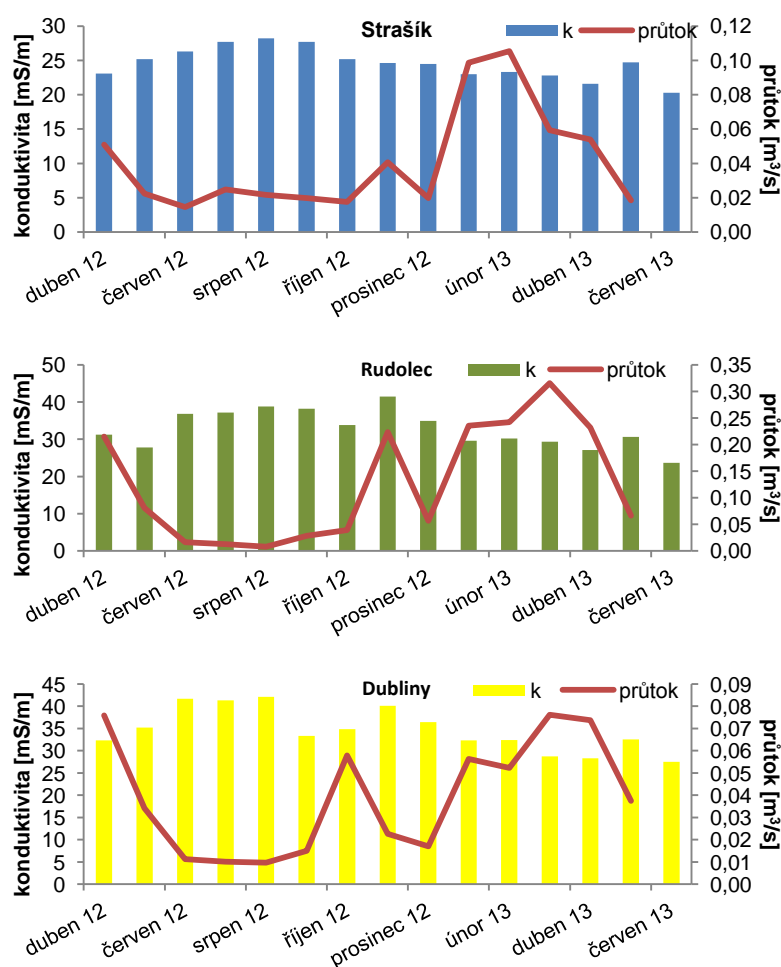


Zdroj: ČHMÚ, vlastní měření

Nejnižší teploty byly na všech profilech naměřeny v lednu a únoru, nejvyšší teploty v srpnu, v případě profilů DND a Strašík v květnu 2012. Takto vysoké hodnoty jsou ovlivněny nadprůměrně teplým dnem při tomto odběru. Tomu odpovídá i porovnání s květnem roku 2013, kdy rozdíl mezi teplotami byl zhruba 4°C. Naměřené teploty jsou na všech profilech vyrovnané. V povodí tedy nebyl zjištěn závažný zdroj tepelného znečištění toků. Výjimkou je Zátoka Mastníku. V letních měsících zde jsou teploty vody zhruba o 4°C vyšší než na ostatních profilech. Maximem byla teplota 22°C. Tento nárůst je způsoben schopností stojaté vody v nádrži lépe akumulovat teplo a následně si déle tyto teploty udržet, což se projevuje výrazně vyšší teplotou vody v průběhu celého léta a podzimu. V průběhu mimořádně teplého léta 2013 dosahovaly teploty vody v zátocě Mastníku až 26°C (informace školitele). Takto zvýšené teploty během vegetačního období výrazně podporují proces eutrofizace. Minimální naměřená teplota byla 0°C, a to na všech profilech minimálně jednou během zimního období.

Elektrolytická konduktivita ( $k$ ) byla na všech profilech vyhodnocena I. jakostní třídou. Výjimkou je profil Dubliny, kde spadá tento ukazatel do II. třídy. Hodnoty konduktivity se na horním toku Mastníku pohybovaly v rozmezí 19,5 – 28,2 mS/m. Na Sedleckém potoce v rozsahu 22,9 – 41,5 mS/m. V případě Křečovického potoka bylo rozpětí hodnot 28,3 – 42,1 mS/m a v zátoce Mastníku se konduktivita pohybovala v rozmezí 19,0 – 35,3 mS/m. Průběh konduktivity a průtoků během sledovaného období je pro tři vybrané profily uveden v obrázku 38. Tyto profily byly zvoleny na základě jejich polohy v závěrových místech dílčích povodí. Datová řada průtoků byla do grafů přidána, protože i aktuální vodnost má vliv na úroveň konduktivity. V situacích s vyšší vodností dochází u profilů zatížených bodovými zdroji k naředění a k okamžitému poklesu úrovně znečištění, a tím i úrovně konduktivity (Langhammer 2009). Tato závislost je v grafech patrná jen minimálně, a proto je uvažováno o zhruba stejném vlivu plošných a bodových zdrojů znečištění v povodí.

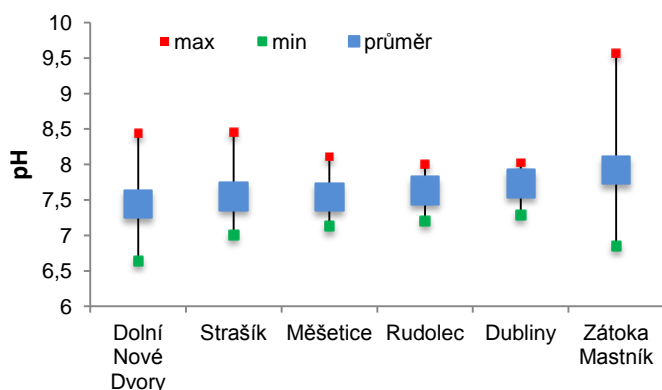
Obr. 38: Průběh konduktivity a průtoku ve vybraných profilech



Zdroj: vlastní měření

Hodnoty pH jsou pro jednotlivé profily znázorněny v obrázku 39. Kromě průměrné hodnoty pH je v grafu vidět i maximální a minimální naměřená hodnota. Největší rozptyl je v zátocě Mastníku, kde byly naměřeny hodnoty pH od 6,96 do 9,57. Zvýšené stavy na tomto profilu byly zjištěny během léta. To může být způsobeno zvýšenou fotosyntetickou činností organismů. Průměrná hodnota pH v povodí je 7,62, což v porovnání s průměrnými hodnotami na jednotlivých profilech svědčí o vyrovnanosti pH v povodí. Nejmenší rozdíl mezi hodnotami byl naměřen na profilu Dubliny a dosáhl hodnoty 0,74.

Obr. 39: Hodnoty pH v povodí Mastníku (vlastní monitoring)



Zdroj: vlastní měření

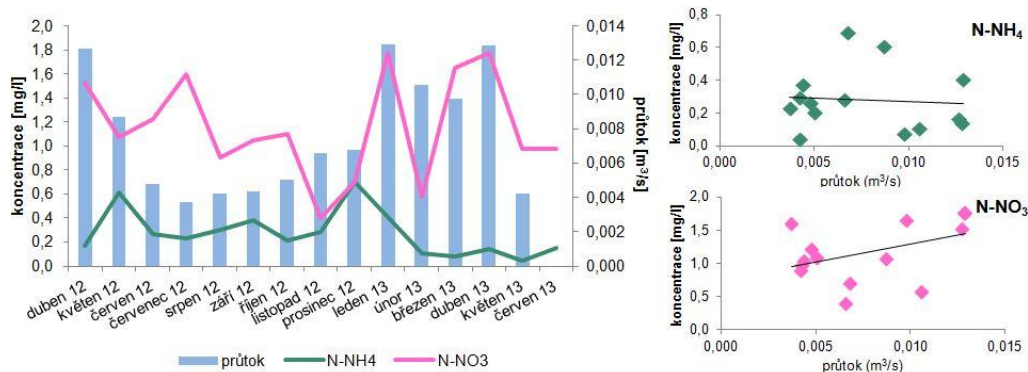
#### 6.1.1.2. Sloučeniny dusíku a fosforečnany

Velký vliv na jakost vody v povodí mají nutrienty. V této části je jejich hodnocení rozděleno na dvě části. První úsek této kapitoly se zabývá sloučeninami dusíku ( $\text{N-NH}_4$ ,  $\text{N-NO}_2$ ) a druhá část se věnuje fosforečnanům, které byly na vlastních profilech zjišťovány ve formě  $\text{P-PO}_4$ . Výsledky hodnocení jsou znázorněny v grafech. Pro jednotlivé profily je zobrazen vývoj ukazatelů v průběhu sledovaného období a také jejich závislost na průtoku. Tato závislost je vyjádřena regresní přímkou.

Profily ve vodním útvaru Mastník po soutok s tokem Sedlecký potok byly na základě amoniakálního dusíku vyhodnoceny jako II. jakostní třída. V případě dusičnanového dusíku dokonce I. třída jakosti (viz tabulka 13). Z chodu koncentrací je především na profilu Strašík patrný roční cyklus, což potvrzuje i obrázek 41. Ve vegetačním období jsou dusičnany spotřebovávány vegetací, a proto jsou jejich koncentrace nižší. Maximálních hodnot dosahují naopak na podzim a v zimě. Z hlediska hodnocení závislosti na průtoku je v případě  $\text{N-NH}_4$  na obou profilech sklon regresní přímky relativně konstantní. To značí stejnoměrné ovlivnění profilu bodovými i plošnými

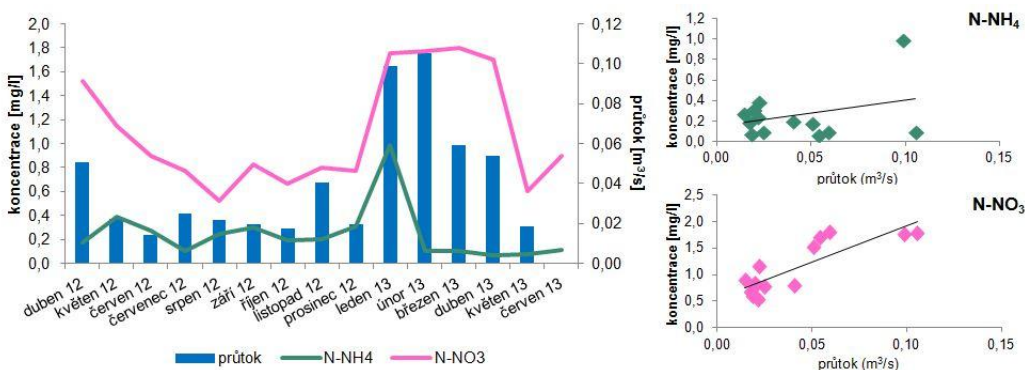
zdroji. V případě dusičnanů je zcela patrný nárůst koncentrace se zvýšeným průtokem. Z toho vyplývá větší vliv plošných zdrojů znečištění, který je u dusičnanového dusíku také předpokládán.

Obr. 40: Chod koncentrací N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub> v profilu Dolní Nové Dvory a jejich závislost na průtoku



Zdroj: vlastní měření

Obr. 41: Chod koncentrací N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub> v profilu Strašák a jejich závislost na průtoku

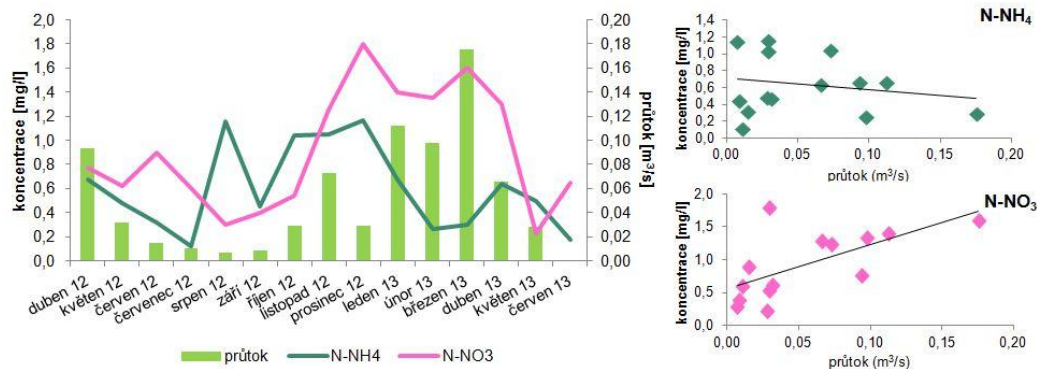


Zdroj: vlastní měření

Chody koncentrací na profilech Sedleckého potoka jsou vyjádřeny v obrázcích 42 a 43. Jakostní třída koncentrace amoniakálního dusíku byla v profilu Měšetice vyhodnocena jako III. Tento stav je přisuzován především vlivu obce Sedlec-Prčice a dalších obcí v relativně velké části povodí, které tento profil reprezentuje. Mírnou převahu bodových zdrojů znečištění dokumentuje i regresní křivka závislosti na průtoku. Tato závislost je patrná i na dalším profilu tohoto vodního útvaru. Profil Rudolec je v případě N-NH<sub>4</sub> zařazen do II. jakostní třídy. Roční chod amoniakálního dusíku je na všech profilech relativně vyrovnaný, což je způsobeno relativně stálým množstvím vypouštěných odpadních vod. Minimální změny jsou dány vývojem vodnosti. Co se týče dusičnanového dusíku, patří oba profiley do I. jakostní třídy.

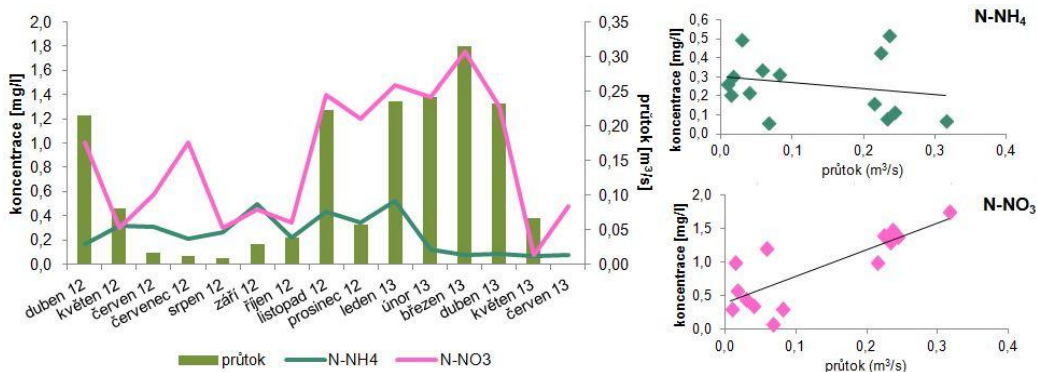
Chod koncentrací je ovlivněn vegetačním obdobím a závislost koncentrace na průtocích jednoznačně vypovídá o převaze plošných zdrojů znečištění.

Obr. 42: Chod koncentrací N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub> v profilu Měšetice a jejich závislost na průtoku



Zdroj: vlastní měření

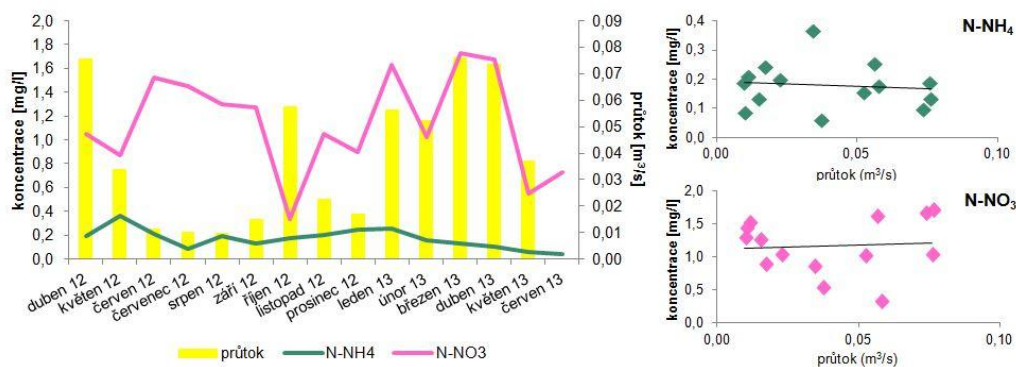
Obr. 43: Chod koncentrací N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub> v profilu Rudolec a jejich závislost na průtoku



Zdroj: vlastní měření

Profil Dubliny reprezentující celé povodí Křečovického potoka patří podle obou sledovaných parametrů sloučenin dusíku do I. jakostní třídy. Na tomto profilu není výrazně patrný chod koncentrací dusičnanů a zřejmě není ani závislost na průtocích.

Obr. 44: Chod koncentrací N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub> v profilu Dubliny a jejich závislost na průtoku

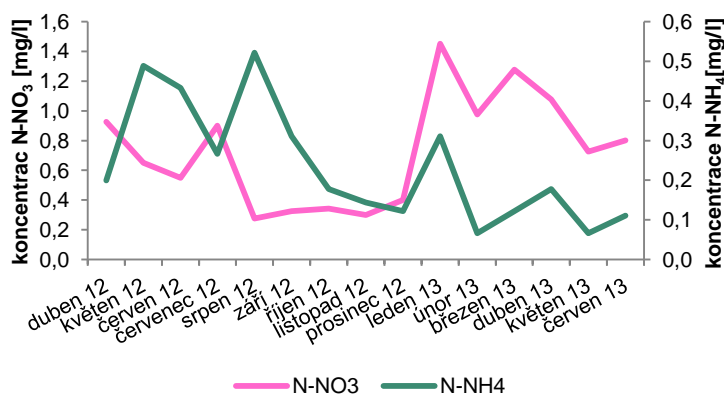


Zdroj: vlastní měření



Posledním profilem je Zátoka Mastníku. Ta je vyhodnocena jen z hlediska chodu koncentrací. Dusičnanový dusík dosahuje zimních maxim a patrná jsou i vegetační minima. Ta jsou vlivem nádrže Slapy oproti ostatním profilům posunuta do podzimního období.

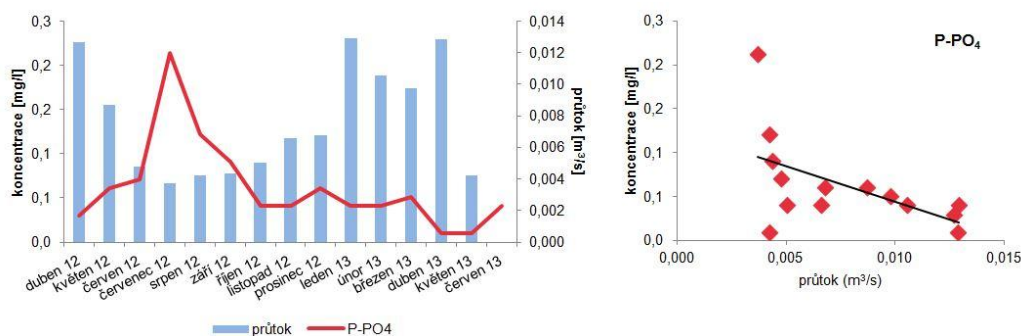
Obr. 45: Chod koncentrací N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub> v profilu Zátoka Mastníku



Zdroj: vlastní měření

Míra znečištění fosforem byla na základě vlastních rozborů hodnocena pouze pomocí ukazatele fosforečnanového fosforu. Tento parametr nelze zařadit do jakostní třídy podle ČSN 75 722, protože ta neobsahuje mezní hodnoty tohoto ukazatele. Na všech profilech je chod koncentrací závislý především na průtoku. Z hodnocení závislosti koncentrace na průtoku je jasné, že s růstem vodnosti toku klesá koncentrace P-PO<sub>4</sub>. To odpovídá převaze bodových zdrojů znečištění. Maximální koncentrace byly zjištěny během letních měsíců, kdy byl také naměřen nejmenší průtok. Naopak minima jsou závislá na tání sněhu a srážkách během jara. Hlavním zdrojem fosforu jsou především komunální odpadní vody. Maximální koncentrace na profilu DND byla zjištěna v červenci 2012 (0,21 mg/l), oproti tomu minima byla naměřena během dubna a května 2013.

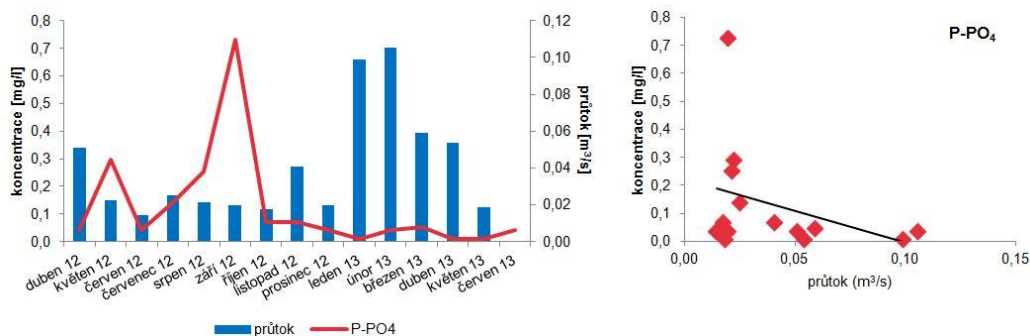
Obr. 46: Chod koncentrací P-PO<sub>4</sub> v profilu DND a jeho závislost na průtoku



Zdroj: vlastní měření

Na druhém profilu ležícím na horním toku Mastníku byla maximální koncentrace 0,73 mg/l naměřena během září 2012. Minimální koncentrace byly měřeny od ledna do května.

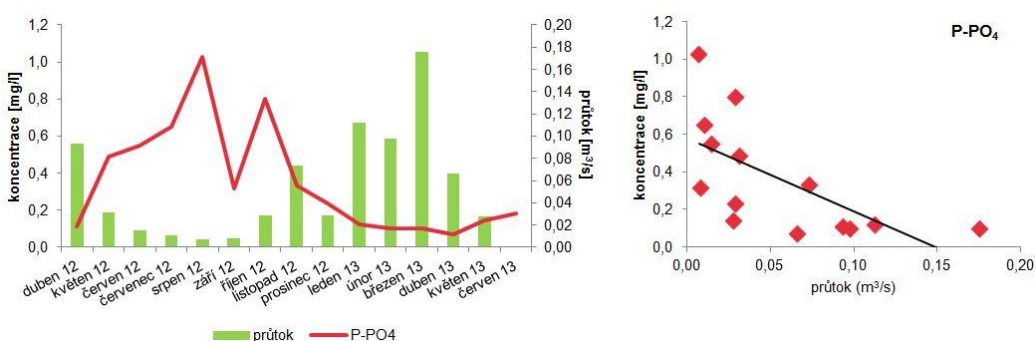
Obr. 47: Chod koncentrací P-PO<sub>4</sub> v profilu Strašík a jeho závislost na průtoku



Zdroj: vlastní měření

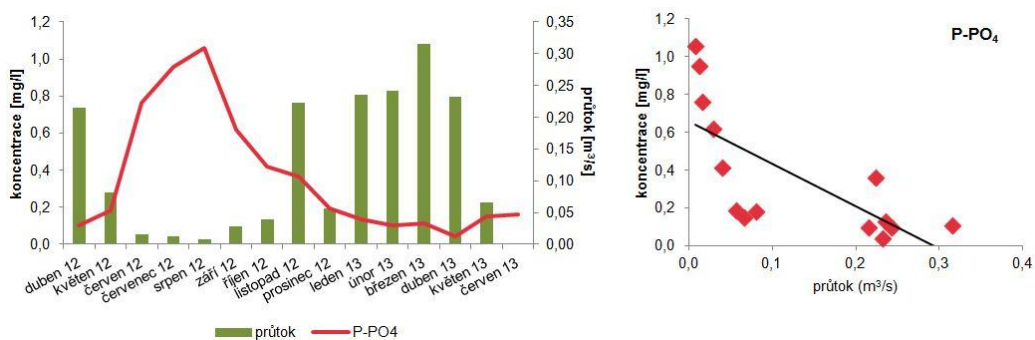
Na profilu Měšetice byla v srpnu zjištěna koncentrace 1,03 mg/l. Maximum v srpnu bylo zjištěno i na profilu Rudolec (1,06 mg/l). Minima na obou profilech byla zjištěna opět v dubnu 2013.

Obr. 48: Chod koncentrací P-PO<sub>4</sub> v profilu Měšetice a jeho závislost na průtoku



Zdroj: vlastní měření

Obr. 49: Chod koncentrací P-PO<sub>4</sub> v profilu Rudolec a jeho závislost na průtoku

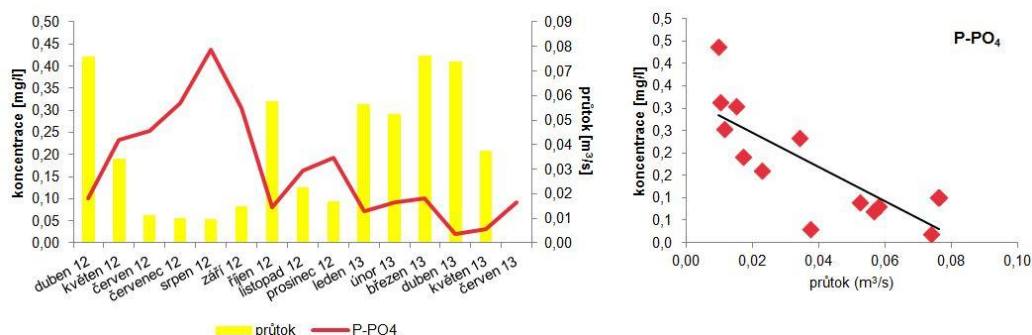


Zdroj: vlastní měření



Z obrázku 50 je patrné, že v závěrovém profilu Křečovického potoka byla maximální koncentrace dosahující hodnoty 0,44 mg/l naměřena během srpna. Minimum nastalo v dubnu 2013.

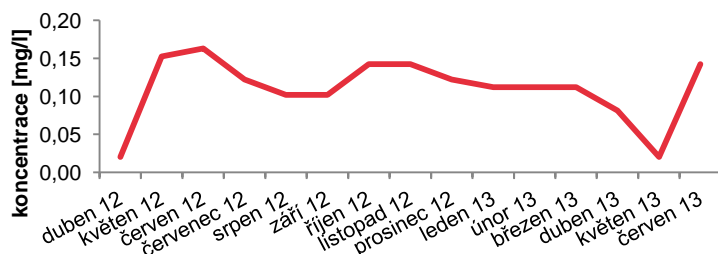
Obr. 50: Chod koncentrací P-PO<sub>4</sub> v profilu Dubliny a jeho závislost na průtoku



Zdroj: vlastní měření

Chod koncentrací fosforečnanů v zátocě Mastníku nelze srovnávat s průtoky. Maximální hodnoty byly zjištěny během června a v dalších měsících docházelo ke snižování koncentrace. To je způsobeno eutrofizačními procesy, které v zátocě probíhaly. Masový rozvoj řas a sinic vede ke spotřebě fosforečnanů a tím i ke snížení jejich koncentrace.

Obr. 51: Chod koncentrací P-PO<sub>4</sub> v profilu Zátoka Mastníku



Zdroj: vlastní měření

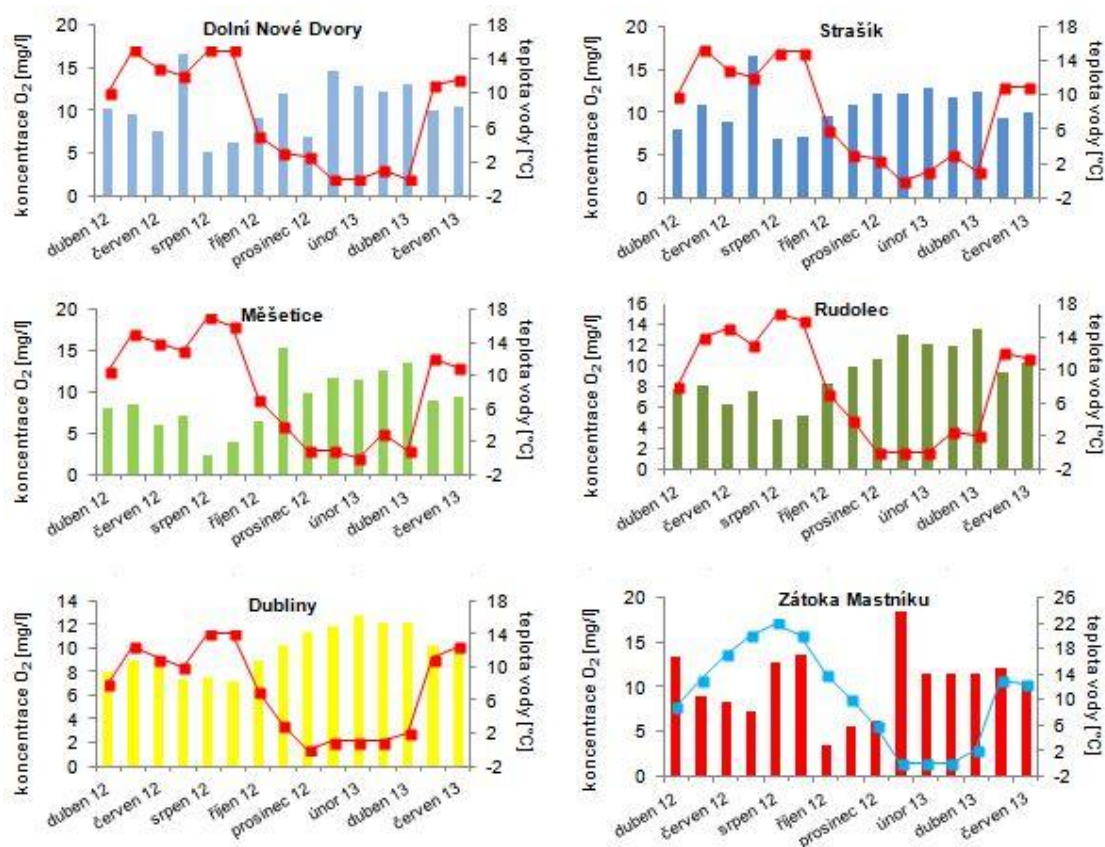
### 6.1.1.3. Ukazatele kyslíkového režimu a organické látky

Kyslíkový režim byl vyhodnocen na základě měření koncentrace rozpuštěného kyslíku. Hlavním zdrojem O<sub>2</sub> ve vodě je reaerace, tedy přestup přes vodní hladinu. Naopak spotřebováván je kyslík při procesech biochemického rozkladu organických látek – tzv. deoxigenací. Spotřeba roste v závislosti na přísunu znečišťujících látek do recipientů, na jejichž odbourávání je kyslík spotřebováván. Jedná se tedy o ukazatel biochemické (BSK) a chemické spotřeby kyslíku (CHSK).

Na základě ukazatele rozpuštěného O<sub>2</sub> byly všechny profily zařazeny do I. jakostní třídy. Chod koncentrací rozpuštěného kyslíku je pro jednotlivé profily

zobrazen v grafech na obrázku 52. Tyto koncentrace jsou doplněny o teploty vody. Obsah rozpuštěného kyslíku vykazuje nepřímou závislost na teplotě vody (Langhammer 2009). Teplota je v grafech vyjádřena bodovou metodou (většinou červeně). Obecně tedy platí, že se zvyšující teplotou obsah rozpuštěného kyslíku klesá a naopak. Tento jev je zhruba patrný na všech profilech. Během sledovaného období koncentrace kyslíku značně kolísaly. Nejvyrovnanější hodnoty byly zaznamenány na profilu Dubliny, kde se pohybovaly v rozptýlu 7,2 – 12,7 mg/l. Oproti tomu nejméně vyrovnané hodnoty byly naměřeny v zátocě Mastníku, a to v rozsahu 3,5 – 13,6 mg/l. Nejpříznivější koncentrace rozpuštěného kyslíku byly zjištěny na profilech Dolní Nové Dvory a Strašák. Průměrné koncentrace se na těchto profilech pohybují okolo 10,5 mg/l. Celkový průměr koncentrace rozpuštěného kyslíku v povodí je 9,9 mg/l.

Obr. 52: Závislost koncentrací rozpuštěného  $O_2$  na teplotě vody (červená křivka, vlastní profily)



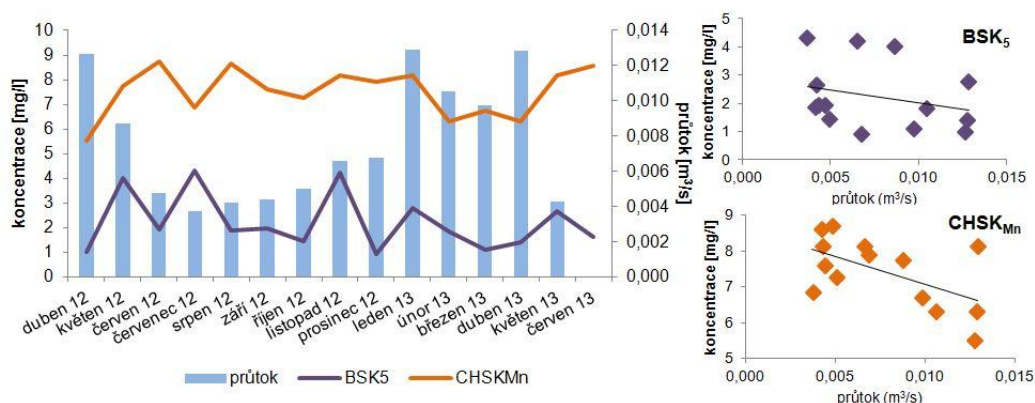
Zdroj: vlastní měření

Pro hodnocení organického znečištění toků byly použity ukazatele biochemické spotřeby kyslíku za 5 dní ( $BSK_5$ ) a chemické spotřeby kyslíku manganistanem ( $CHSK_Mn$ ). Tyto koncentrace by měly na stejném profilu mít podobný vývoj. Z obrázků 53 – 58

je patrné, že v povodí Mastníku tomu tak zhruba je. Na základě tohoto zjištění se dají vyloučit závažnější chyby při stanovování koncentrací  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Mn}$ .

Na profilu DND patří tyto parametry do II. třídy jakosti vody. Z obrázku 53 je patrná podoba v chodu koncentrací  $BSK_5$  a  $CHSK_{Mn}$ . Minimální hodnoty  $BSK_5$  a  $CHSK_{Mn}$  byly naměřeny v dubnu 2012. Naopak maximum ukazatele  $BSK_5$  bylo zjištěno v červnu, kdežto u  $CHSK_{Mn}$  v květnu. Veškeré naměřené hodnoty jsou v příloze 8. Inverzní závislost koncentrací na průtoku odráží primární zátěž z bodových zdrojů.

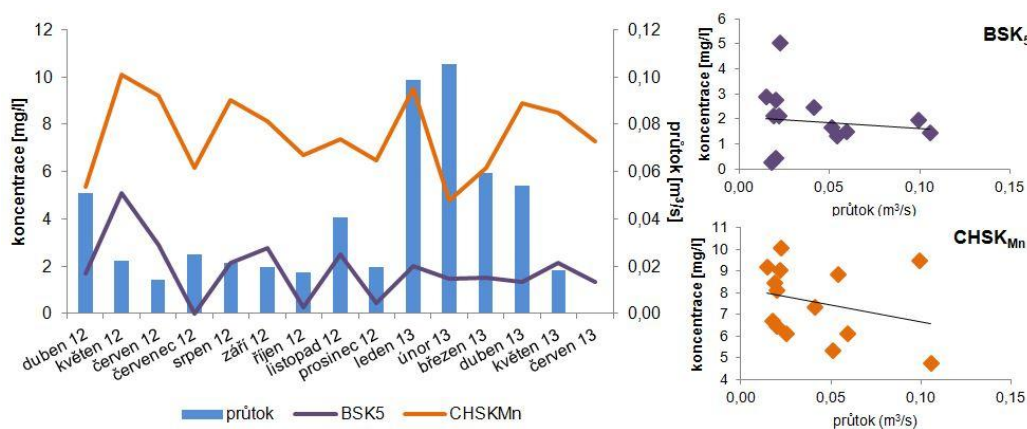
Obr. 53: Chod koncentrací  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Mn}$  v profilu Dolní Nové Dvory a jejich závislost na průtoku



Zdroj: vlastní měření

Profil Strašík patří do III. jakostní třídy právě díky zařazení  $CHSK_{Mn}$ . Maximální hodnoty tohoto ukazatele byly zjištěny v květnu 2012, minima v únoru 2013. Závislostní hodnocení svědčí o mírné převaze plošných zdrojů. Podle Langhammera (2009) je však výrazná inverzní závislost typická pouze pro silně zatížené profily.

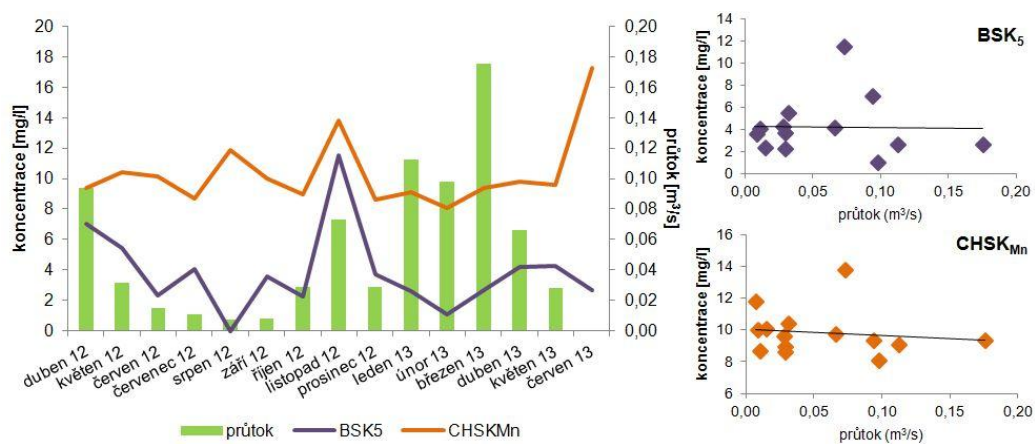
Obr. 54: Chod koncentrací  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Mn}$  v profilu Strašík a jejich závislost na průtoku



Zdroj: vlastní měření

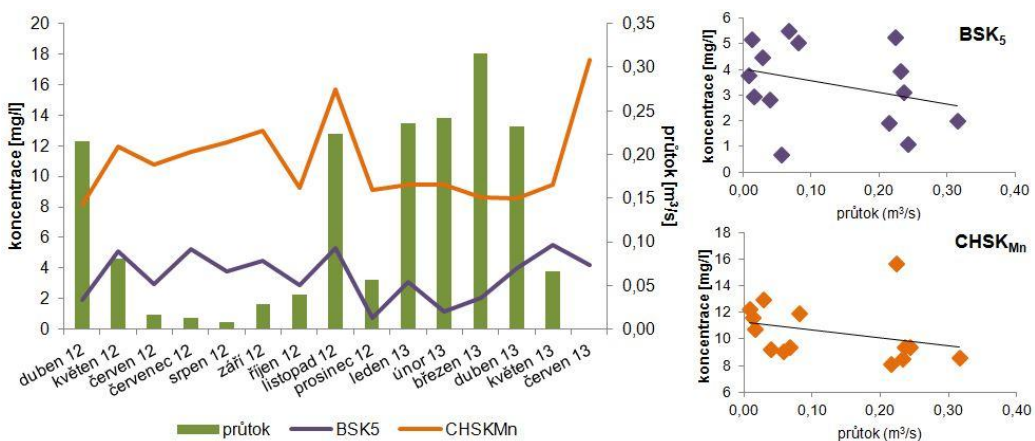
Profily ve vodním útvaru Sedlecký potok po ústí do Mastníku spadají díky těmto ukazatelům do III. jakostní třídy. Na obou profilech jsou z grafů na obr. 55 a 56 vidět dvě maxima v koncentraci ukazatele  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  a jedno pro ukazatel  $\text{BSK}_5$ . Hodnoty v listopadu 2012 byly ovlivněny vypouštěním několika rybníků v povodí. Z těchto nádrží se do povodí uvolnilo velké množství organických látek. Zvýšené hodnoty v červnu 2013 jsou spojeny s povodněmi na začátku tohoto měsíce. Tyto dvě události mají vliv i na závislostní hodnocení, které na profilu Měšetice vykazuje jen minimální pokles koncentrací s nárůstem vodnosti.

Obr. 55: Chod koncentrací  $\text{BSK}_5$ ,  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  v profilu Měšetice a jejich závislost na průtoku



Zdroj: vlastní měření

Obr. 56: Chod koncentrací  $\text{BSK}_5$ ,  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  v profilu Rudolec a jejich závislost na průtoku



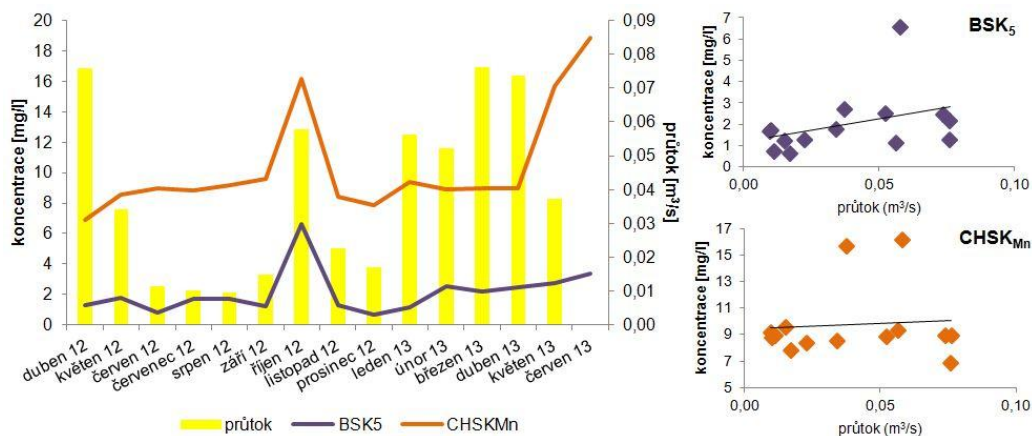
Zdroj: vlastní měření

Stejně jako předchozí profily byl ovlivněn i profil Dubliny. K vypouštění rybníku docházelo během října a zvýšené koncentrace byly také po povodních. V případě Dublin je vliv těchto dvou události na závislost ještě výraznější. Obě tyto závislosti jsou pozitivní – s růstem vodnosti roste koncentrace ukazatele. Tento jev je také způsoben pouze jedním výrazným zdrojem bodového znečištění. V této části povodí převládají spíše



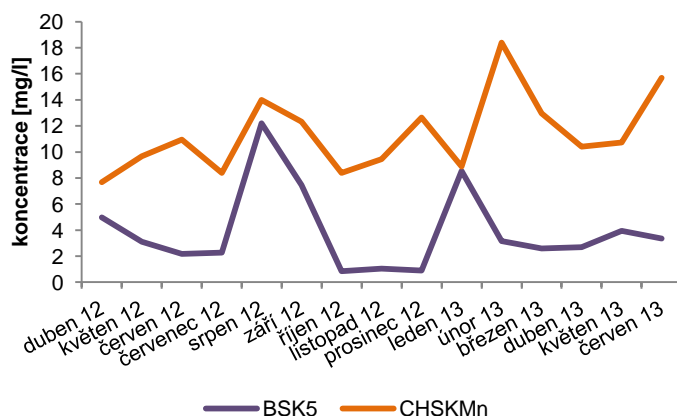
zdroje difuzní nebo plošné. Podle BSK patří profil do II. třídy jakosti, avšak chemická spotřeba kyslíku řadí celkově tento profil až do IV. jakostní třídy. Na obrázku 58 je znázorněn chod těchto ukazatelů v zátoci Mastníku.

Obr. 57: Chod koncentrací BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Mn</sub> v profilu Dubliny a jejich závislost na průtoku



Zdroj: vlastní měření

Obr. 58: Chod koncentrací BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Mn</sub> v profilu Zátoka Mastníku



Zdroj: vlastní měření

### 6.1.2. Hodnocení na základě dat od správce toku

V této části je jakost toku hodnocena na základě dat od státního podniku Povodí Vltavy. Pro hodnocení a profily platí stejné informace jako v kapitole 6.1.1. zabývající se vlastním monitoringem. Pro hodnocení výsledné jakosti profilu jsou použita nejnovější dostupná data, to znamená, že charakteristická hodnota byla počítána pro dvouletí 2011, 2012.

Ve vodním útvaru Mastník po soutok s tokem Sedlecký potok byly mezi roky 2007 – 2012 sledovány PVL nebo ZVHS 4 profily. Naposledy v roce 2012 byl sledován profil na Podskale. Ten leží na Smilkovském potoce. Z tabulky 16 je patrné jeho zařazení

do III. třídy jakosti, které je zapříčiněno parametry  $CHSK_{Cr}$ , dusičnanovým dusíkem a celkovým fosforem. Druhým profilem je Strašík, který svou polohou odpovídá stejnojmennému profilu vlastního monitoringu. Vyhodnocení profilu z roku 2010 řadí profil do III. jakostní třídy. Toto zařazení odpovídá i pozdějšímu vlastnímu monitoringu (viz kapitola 6.1.1.).

V dolní části tohoto útvaru se nachází další dva profily. Prvním z nich je Kosova Hora. Tento profil je nejdéle sledovaným profilem v povodí a rozsahem ukazatelů umožňuje podrobné vyhodnocení kvality vod. Celkově spadá tento profil také do III. třídy. Vliv na toto zařazení mají organické látky, dusičnanový dusík, celkový fosfor a železo. To svědčí o vlivu bodových i plošných zdrojích znečištění. Posledním profilem jsou Sedlčany. Ten byl naposledy sledován v roce 2011 a na základě dostupných parametrů byl zařazen také do III. třídy jakosti. Stejně jako na předchozím profilu jsou problémem organické látky, dusičnanový dusík a fosfor.

Tab. 16: Jakost vod v útvaru Mastník po soutok s tokem Sedlecký potok (PVL)

vodní útvar	Mastník po soutok s tokem Sedlecký potok											
sledované období	2012						2010					
název profilu	Na Podskale						Strašík					
parametr	počet stan.	pod mezí	průměr	medián	C (90)	třída	počet stan.	pod mezí	průměr	medián	C (90)	třída
teplota vody (°C)	12	0	9,72	10,40			12	0	8,58	9,10		
pH	12	0	7,62	7,60			12	0	7,65	7,65		
k (mS/m)	12	0	32,23	32,85	34,00	I	12	0	27,52	28,00	30,10	I
rozpuštěný O <sub>2</sub> (mg/l)	12	0	10,48	10,30	13,00	I	11	0	10,85	10,20	14,10	I
$CHSK_{Cr}$ (mg/l)	12	0	17,98	18,50	24,00	III	12	0	13,68	11,00	27,00	III
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	12	1	0,13	0,12	0,23	I	12	4	0,07	0,04	0,10	I
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	12	0	3,68	3,35	7,00	III	12	0	6,59	6,20	9,50	III
P <sub>C</sub> (mg/l)	12	0	0,17	0,12	0,23	III	12	0	0,07	0,05	0,14	II
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	12	0	0,03	0,02			12	0	0,02	0,02		
nasycení O <sub>2</sub> (%)	12	0	90,60	92,60			11	0	88,84	88,85		
Celková třída jakosti						III						III

(pokračování)

vodní útvar	Mastník po soutok s tokem Sedlecký potok											
sledované období	2011 - 2012						2011					
název profilu	Kosova Hora						Sedlčany					
parametr	počet stan.	pod mezí	průměr	medián	C (90)	třída	počet stan.	pod mezí	prům ěr	medián	C (90)	třída
teplota vody (°C)	23	0	8,84	7,90			11	0	9,16	10,40	15,00	
pH	23	0	7,82	7,80			11	0	8,05	7,80	9,00	
k (mS/m)	23	0	30,45	30,50	33,00	I	11	0	33,5	33,30	39,00	I
rozpuštěný O <sub>2</sub> (mg/l)	23	0	11,24	11,80	13,20	I	11	0	11,2	11,00	14,0	I
BSK <sub>5</sub> (mg/l)	23	0	2,10	2,00	2,90	II	při odběrech v předchozích letech III. jakostní třída					
CHSK <sub>Mn</sub> (mg/l)	23	0	6,09	5,90	8,20	II						
CHSK <sub>Cr</sub> (mg/l)	23	0	15,48	15,00	32,00	III	11	0	22,1	25,00	28,00	III
TOC (mg/l)	24	0	7,27	7,00	10,24	III						
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	23	8	0,05	0,04	0,11	I	11	4	0,08	0,08	0,15	I
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	23	0	4,40	3,80	7,90	III	11	0	4,30	3,20	8,40	III
P <sub>C</sub> (mg/l)	23	0	0,11	0,09	0,21	III	11	0	0,14	0,12	0,20	III
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	při odběrech v předchozích letech I. jakostní třída											
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	při odběrech v předchozích letech I. jakostní třída											
Mn (mg/l)	23	0	0,11	0,07	0,18	II						
Fe (mg/l)	23	0	1,12	0,77	1,90	III						
Ca (mg/l)	při odběrech v předchozích letech I. jakostní třída											
Mg (mg/l)	při odběrech v předchozích letech I. jakostní třída											
FKOLI (KTJ/ml)	23	0	5,21	3,50	14,00	I						
INDBENT	2	0	1,75	1,75	1,81	II						
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	23	0	0,04	0,03								
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	23	0	0,02	0,02			11	0	0,03	0,03	0,05	
chlorofyl - a (ug/l)	při odběrech v předchozích letech II. jakostní třída											
nasycení O <sub>2</sub> (%)	23	0	95,14	93,60			11	0	96,2	93,60	109,00	
celková třída jakosti						III						III

Zdroj: PVL a vlastní výpočty

V povodí Sedleckého potoka byly naposledy v letech 2007 – 2008 sledovány profily Sedlec a Jesenice. Na profilu Sedlec byly velkým problémem organické látky, které na základě parametru BSK<sub>5</sub> zařadily profil do IV. jakostní třídy. Do IV. jakosti patří také koncentrace celkového fosforu. Tyto ukazatele prezentují především komunální zdroje znečištění. V tomto případě je potenciálním zdrojem obec Sedlec-Prčice, ve které během roku 2006 došlo k rekonstrukci ČOV. Takto vysoké hodnoty mohly být zapříčiněny nedokonalou funkcí nové technologie čištění vod. Profil Jesenice patří také do IV. třídy jakosti a ve sledovaném období má stejné problémy jako výše ležící profil Sedlec. I zde byla v roce 2006 dostavena ČOV a její provoz ve sledovaných letech ještě nebyl optimální. Poslední profil, který byl v této části povodí sledován, jsou Nedrahovice. Tento profil byl bohužel hodnocen pouze

na základě 9 odběrů v roce 2009. Z nich je patrný jasný problém na toku Slabá v podobě vysokých koncentrací fosforu (viz tab. 17).

Tab. 17: Jakost vod v útvahu Sedlecký potok po ústí do toku Mastník (PVL)

vodní útvar	Sedlecký potok po ústí do toku Mastník											
sledované období	2007 – 2008						2007 - 2008					
název profilu	Sedlec						Jesenice					
parametr	počet stan.	pod mezí	průměr	medián	C (90)	třída	počet stan.	pod mezí	průměr	medián	C (90)	třída
teplota vody (°C)	15	0	8,77	5,90			12	0	10,63	9,05		
pH	15	0	7,07	7,20			12	0	7,66	7,59		
k (mS/m)	9	0	43,01	38,80	49,00	(II)	12	0	40,88	40,20	45,00	II
rozpuštěný O <sub>2</sub> (mg/l)	15	0	9,29	10,40	12,00	I	12	0	10,56	11,15	13,00	I
BSK <sub>5</sub> (mg/l)	15	0	5,18	5,10	8,30	IV	12	1	2,87	2,70	13,00	IV
CHSK <sub>Cr</sub> (mg/l)	15	0	23,87	23,00	31,00	III	12	0	26,00	25,55	39,00	III
TOC (mg/l)	15	0	9,98	9,60	13,00	III						
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	15	0	0,63	0,40	1,00	III	12	3	0,13	0,09	0,20	I
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	15	0	4,59	4,50	5,50	III	12	0	3,79	3,60	6,00	III
P <sub>C</sub> (mg/l)	15	0	0,37	0,23	0,95	IV	12	0	0,37	0,25	0,75	IV
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	15	0	26,33	24,00	39,00	I						
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	15	0	54,80	55,00	57,00	I						
FKOLI (KTJ/ml)	15	0	63,49	33,00	220,00	III						
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	15	0	0,23	0,08								
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	15	0	0,06	0,04			12	0	0,05	0,05		
celková třída jakosti						IV						IV

vodní útvar	Sedlecký potok po ústí do toku Mastník					
sledované období	2009					
název profilu	Nedrahovice					
parametr	počet stan.	pod mezí	průměr	medián	C (90)	třída
teplota vody (°C)	9	0	12,27	13,80		
pH	9	0	7,56	7,58		
k (mS/m)	9	0	35,69	36,90	41,00	(II)
rozpuštěný O <sub>2</sub> (mg/l)	9	0	9,33	8,80	11,00	(I)
CHSK <sub>Cr</sub> (mg/l)	9	0	32,67	28,00	35,00	(III)
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	9	0	0,25	0,08	0,69	(II)
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	9	0	2,76	2,70	3,60	(II)
P <sub>C</sub> (mg/l)	9	0	0,29	0,22	0,65	(IV)
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	9	0	0,04	0,04		
nasycení O <sub>2</sub> (%)	9	0	86,31	87,50		
celková třída jakosti						(IV)

Zdroj: PVL a vlastní výpočty

V tabulce 18 jsou uvedeny přehledy dvou závěrových profilů, Křečovického potoka a Mastníku. Profil Dubliny na Křečovickém potoce byl sledován i vlastním



monitoringem. Na základě těchto dat lze zkontrolovat vypovídající hodnotu vlastních odběrů. V letech 2011 – 2012 byl tento profil zařazen do III. třídy jakosti. Problémem jsou organické látky ve všech sledovaných parametrech, dusičnanový dusík a fosfor. V létě roku 2012 byla uvedena do provozu ČOV Křečovice, která by měla snížit přísun organických látek a fosforu do povodí. Posledním profilem na Mastníku je Radíč. Ten reprezentuje koncentraci znečištění z celého povodí Mastníku, kromě výše zmiňovaného Křečovického potoka. Na základě dat z let 2011 – 2012 je profil vlivem vysoké koncentrace chlorofylu zařazen do IV. jakostní třídy. Tento profil je v povodí jediný, na kterém byla v letech 2011 – 2012 koncentrace chlorofylu stanovována.

Tab. 18: Jakost vod ve vodních útvarech Mastník po vzdutí nádrže Slapy a Křečovický potok po ústí do toku Mastník (PVL)

vodní útvar		Mastník po vzdutí Nádrže Slapy					Křečovicový potok po ústí do toku Mastník					
sledované období		2011 – 2012					2011 - 2012					
název profilu		Radíč					Dubliny					
parametr	počet stan.	pod mezí	průměr	medián	C (90)	třída	počet stan.	pod mezí	Průměr	medián	C (90)	třída
teplota vody (°C)	23	0	9,79	9,00			23	0	8,92	8,50		
pH	23	0	7,93	7,90			23	0	7,91	7,90		
k (mS/m)	23	0	41,16	41,00	51,00	II	22	0	41,22	41,25	48,00	II
rozpuštěný O <sub>2</sub> (mg/l)	23	0	11,21	11,50	13,50	I	23	0	11,25	11,50	13,00	I
BSK <sub>5</sub> (mg/l)	23	0	3,33	2,90	5,00	III	23	0	2,80	2,30	4,00	III
CHSK <sub>Cr</sub> (mg/l)	23	0	21,78	22,00	28,00	III	23	0	23,57	20,00	32,00	III
TOC (mg/l)	23	0	9,26	9,00	12,00	III	23	0	10,16	8,40	14,00	III
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	23	5	0,07	0,05	0,16	I	23	5	0,06	0,04	0,10	I
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	23	0	3,80	2,90	8,00	III	23	0	4,70	4,1	8,00	III
P <sub>C</sub> (mg/l)	23	0	0,21	0,16	0,33	III	23	0	0,16	0,14	0,25	III
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	při odběrech v předchozích letech I. jakostní třída						při odběrech v předchozích letech I. jakostní třída					
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	při odběrech v předchozích letech II. jakostní třída						při odběrech v předchozích letech I. jakostní třída					
Mn (mg/l)	při odběrech v předchozích letech II. jakostní třída											
Fe (mg/l)	23	0	0,68	0,44	1,60	III						
Ca (mg/l)	při odběrech v předchozích letech I. jakostní třída											
Mg (mg/l)	při odběrech v předchozích letech I. jakostní třída											
FKOLI (KTJ/ml)	23	0	10,84	4,90	10,00	I	23	0	6,49	3,70	19,00	I
INDBENT	2	0	1,65	1,65	1,84	II	při odběrech v předchozích letech II. jakostní třída					
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	23	0	0,12	0,10			23	1	0,06	0,06		
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	23	0	0,04	0,03			23	0	0,02	0,02		
chlorofyl - a (ug/l)	23	0	33,24	26,00	77,00	IV						
nasyćení O <sub>2</sub> (%)	23	0	97,13	97,80			23	0	95,75	93,10		
celková třída jakosti						IV						III

Zdroj: PVL a vlastní výpočty

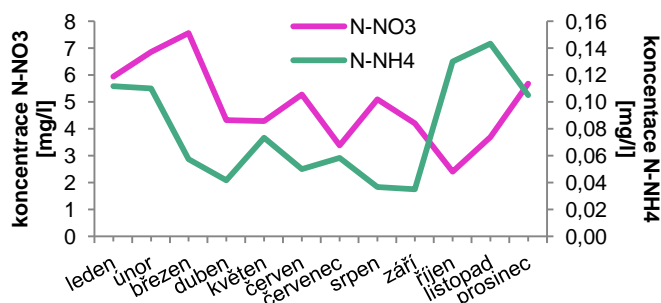
Na třech profilech, které byly sledovány po celé dvouletí 2011 – 2012 je provedena důkladnější analýza. Ta zahrnuje dlouhodobý vývoj koncentrací vybraných

parametrů a také jejich závislostní hodnocení. Největší pozornost byla věnována profilu Radíč.

#### 6.1.2.1. Profil Dubliny

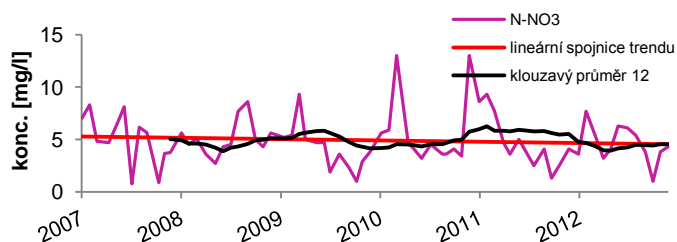
Roční chod sloučenin dusíku nelze srovnávat. Z obr. 59 je zřejmé, že jejich chod má spíše opačný charakter. Koncentrace dusičnanového dusíku jsou ovlivněny plošnými zdroji znečištění a jsou závislé na vegetačním období. Na tomto profilu jsou řazeny do III. třídy jakosti. Maxima nastávají v jarních měsících, především v březnu dosahují průměrné hodnoty 7,5 mg/l (viz obr. 59). Zdrojem amoniakálního dusíku jsou především komunální a průmyslové odpadní vody. Znečištění amoniakálním dusíkem je ale na profilu minimální a spadá do I. třídy jakosti. Amoniakální dusík má maximální koncentrace v říjnu (0,14 mg/l), naopak dusičnany v tomto měsíci dosahují minimálních koncentrací. V letním období jsou dusičnany spotřebovávány vegetací, a tudíž jejich koncentrace v povrchových vodách klesá. Vývoj koncentrací sloučenin dusíku má ve sledovaném období velice mírnou klesající tendenci. Na obrázku 60 je znázorněn vývoj N-NO<sub>3</sub>. V případě amoniakálního dusíku má lineární spojnice trendu obdobný charakter.

Obr. 59: Dlouhodobý roční chod koncentrací N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub> v profilu Dubliny



Zdroj: PVL

Obr. 60: Vývoj koncentrací N-NO<sub>3</sub> v profilu Dubliny

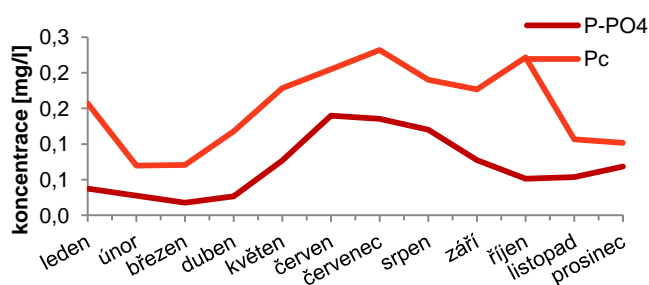


Zdroj: PVL

Zdrojem fosforu jsou v povodí především čistírny odpadních vod a další bodové zdroje znečišťujících látek. Roční chod koncentrace fosforu je tedy závislý na průtoku.

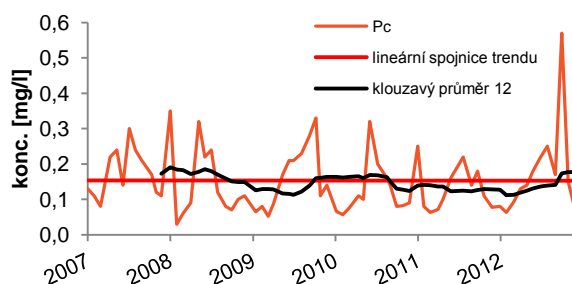
Na profilu Dubliny nejsou data o průtocích, ale z grafu na obr. 61 je patrné, že i zde toto platí. Maximální koncentrace fosforečnanů a fosforu nastává v letních měsících, kdy je také nejmenší průtok. Naopak minima jsou naměřena v jarních měsících. Pokud jde o vývoj koncentrací v povodí, je na profilu patrná stagnace, a to pro celkový fosfor (viz obr. 62) i pro fosfor fosforečnanový. Na základě  $P_C$  patří profil do III. jakostní třídy.

Obr. 61: Dlouhodobý roční chod koncentrací  $P-PO_4$ ,  $P_C$  v profilu Dubliny



Zdroj: PVL

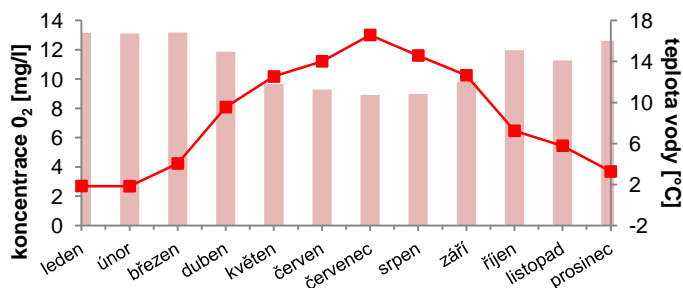
Obr. 62: Vývoj koncentrací  $P_C$  v profilu Dubliny



Zdroj: PVL

Obsah rozpuštěného kyslíku řadí profil do I. třídy jakosti. Kyslíku je tedy ve vodě dostatek. Chod průměrných koncentrací v jednotlivých měsících je v obr. 63. Z tohoto obrázku je patrné, že s rostoucí teplotou klesá koncentrace  $O_2$ , proto jsou maximální koncentrace pohybující se kolem 13 mg/l měřeny během zimy.

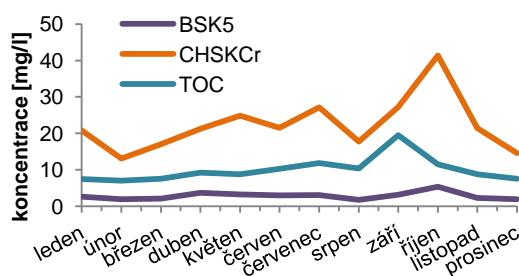
Obr. 63: Závislost koncentrací  $O_2$  na teplotě vody v profilu Dubliny (2007 – 2012)



Zdroj: PVL

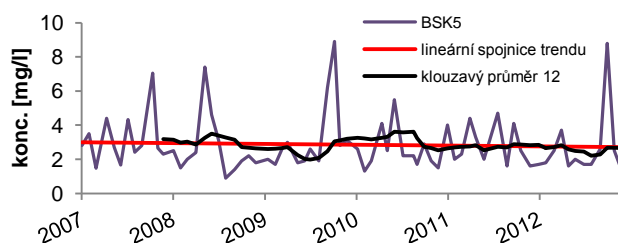
Všechny tři komplexní ukazatele pro detekci organických látek ve vodách patří do III. jakostní třídy. Jejich vývoj během roční doby je velice podobný. Vzhledem k rovnoměrnému rozložení zátěže z komunálních zdrojů v průběhu roku je i výsledný chod koncentrací vyrovnaný. Výjimkou jsou měsíce září a říjen, kdy jsou koncentrace sledovaných parametrů značně zvýšeny. To může být způsobeno malou vodností toku nebo pravidelnými výlovy rybníků v povodí, díky kterým se do toku uvolní větší množství organických látek. Z dlouhodobého pohledu vývoje koncentrací všech parametrů nedochází k výrazným změnám. Jako příklad je zde uveden obrázek 65, kde je graficky znázorněn vývoj parametru BSK<sub>5</sub>. Změny by se mohly projevit v dalších letech vlivem uvedení ČOV Křečovice do zkušební provozu (během léta 2012).

Obr. 64: Dlouhodobý roční chod koncentrací BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub>, TOC v profilu Dubliny



Zdroj: PVL

Obr. 65: Vývoj koncentrací BSK<sub>5</sub> v profilu Dubliny



Zdroj: PVL

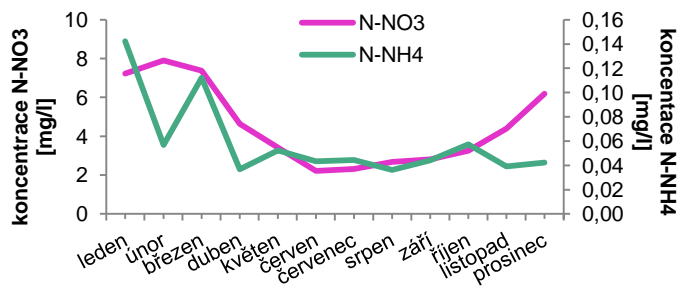
#### 6.1.2.2. Profil Kosova Hora

Profil Kosova Hora se nachází na středním toku Mastníku a nechá se považovat za závěrový profil vodního útvaru Mastník po soutok s tokem Sedlecký potok. Je to nejdéle sledovaný profil v povodí a vývoj koncentrací je možno sledovat od roku 1995.

Z obrázku 66 je patrné, že koncentrace dusičnanového dusíku je velmi závislá na vegetačním období. Maximální průměrné koncentrace v únoru dosahovaly skoro 8 mg/l. Naopak minima v letních měsících se přiblížila hodnotě 2 mg/l. V případě amoniakálního dusíku jsou koncentrace značně nevyrovnané, což může být dáno

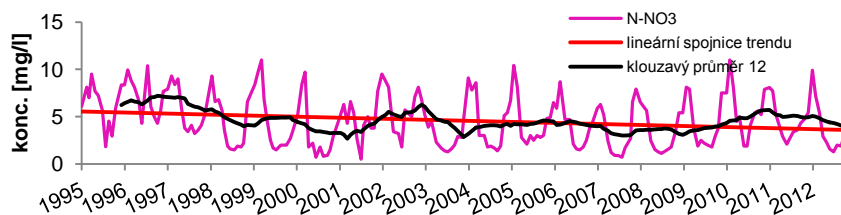
rozkolísaností průtoků. Ale  $\text{N-NH}_4$  svojí nízkou koncentrací neovlivňuje kvalitu vody. Vývoj koncentrací má pro oba parametry klesající tendenci. Jak lze vidět na obrázku 67, tak v případě  $\text{N-NO}_3$  je tento trend velice patrný. V letech 1995 – 1996 průměrná koncentrace dosáhla hodnoty 6,68 mg/l, oproti tomu v posledních sledovaných letech tato průměrná koncentrace klesla na 4,4 mg/l. To svědčí o snižování vlivu plošných zdrojů, především ze zemědělství, na obsah dusičnanů ve vodách.

Obr. 66: Dlouhodobý roční chod koncentrací  $\text{N-NH}_4$ ,  $\text{N-NO}_3$  v profilu Kosova Hora



Zdroj: PVL

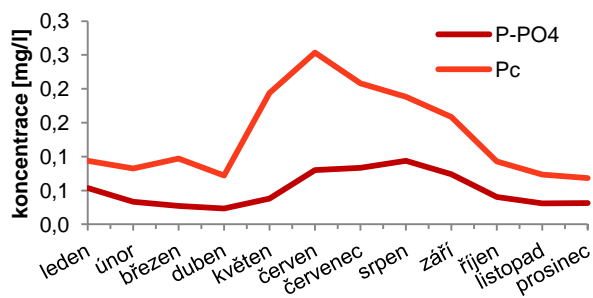
Obr. 67: Vývoj koncentrací  $\text{N-NO}_3$ ; profil Kosova Hora



Zdroj: PVL

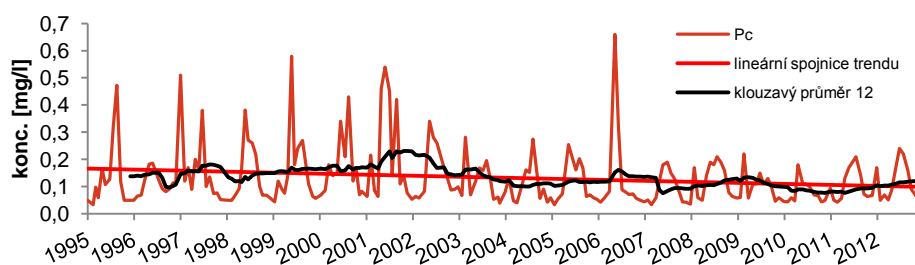
Na tomto profilu je velmi patrný vliv vodnosti toku na koncentraci fosforu ve vodách. I když tento fakt nelze podložit daty o průtocích, je tato skutečnost z obr. 68 patrná.  $P_C$  dosahuje maximálních koncentrací během června (0,263 mg/l) a minimální hodnoty byly měřeny během zimních a jarních měsíců. To samé platí i o parametru  $P\text{-PO}_4$ . Vývoj koncentrací má pro oba ukazatele vyrovnaný průběh. V této části povodí nedochází k žádným změnám v přísunu fosforu do povrchových vod, a proto je po celé sledované období tento profil na základě koncentrace  $P_C$  zařazen do III. jakostní třídy.

Obr. 68: Dlouhodobý roční chod koncentrací P-PO<sub>4</sub>, P<sub>C</sub> v profilu Kosova Hora



Zdroj: PVL

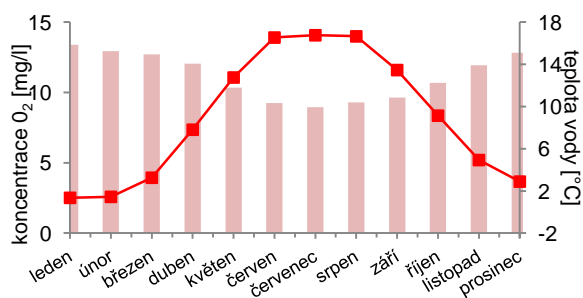
Obr. 69: Vývoj koncentrací P<sub>C</sub> v profilu Kosova Hora



Zdroj: PVL

Z grafu na obr. 70 je patrná inverzní závislost koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodách na teplotě vody. Minima jsou naměřena během letních měsíců, kdy průměrná teplota vody dosahuje 18 °C. Během července je koncentrace O<sub>2</sub> necelých 9 mg/l. Naopak lednová maxima dosahují průměrné koncentrace 13,4 mg/l.

Obr. 70: Závislost koncentrací O<sub>2</sub> na teplotě vody v profilu Kosova Hora (1995 – 2012)

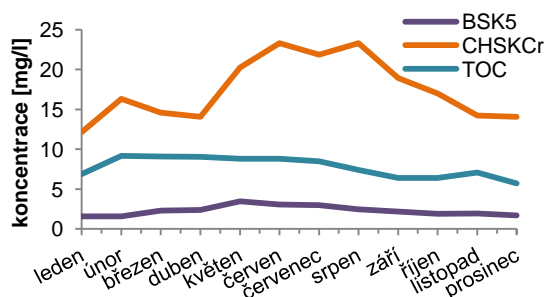


Zdroj: PVL

Podle parametru BSK<sub>5</sub> patří do II. třídy jakosti. Ukazatel CHSK<sub>Cr</sub> a TOC jsou na základě mezních hodnot zařazeny do III. jakostní třídy. Vzhledem k povaze zdrojů znečištění mají koncentrace látek vyrovnaný průběh během celého roku, vyjma CHSK. Tato koncentrace v letních měsících výrazně stoupá. Příčinou by mohla být větší

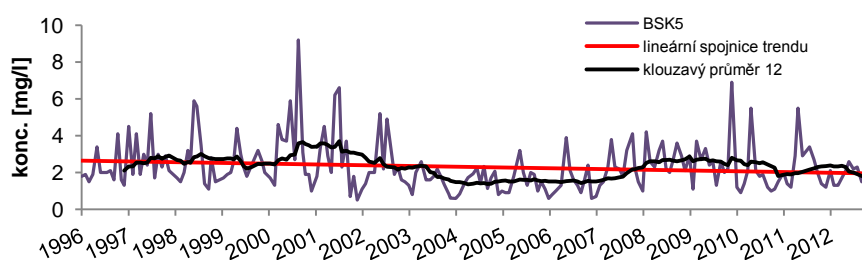
citlivost na změny ve vodnosti toku. Dlouhodobý vývoj koncentrací nebyl hodnocen pro TOC z důvodu přerušované časové řady. Zbylé dva ukazatele nevykazují výrazné změny. Pohybují se na hraně II. a III. jakostní třídy po celou dobu sledování.

Obr. 71: Dlouhodobý roční chod koncentrací BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub>, TOC v profilu Kosova Hora



Zdroj: PVL

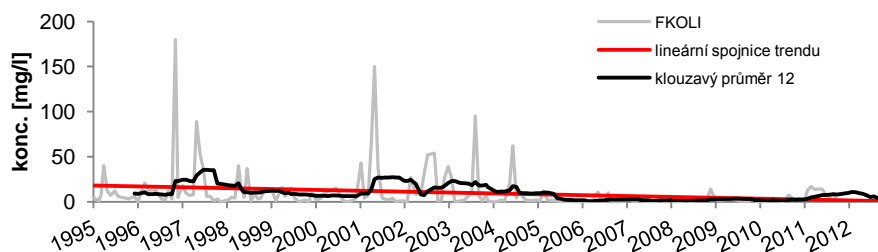
Obr. 72: Vývoj koncentrací BSK<sub>5</sub> v profilu Kosova Hora



Zdroj: PVL

Na profilu Kosova Hora byla do roku 2006 sledována i koncentrace chlorofylu. V té době byl tento parametr zařazen do II. jakostní třídy. Několikrát byl sledován také saprobní index makrozoobentosu, podle kterého patřil profil v roce 2011 do II. třídy. Z biologických ukazatelů je po celou dobu sledována pouze koncentrace termotolerantní koliformní bakterie (FKOLI). V tomto ukazateli došlo ve sledovaném období ke zlepšení, což je vidět na obrázku 73. Od roku 2003 patří podle FKOLI dokonce do I. třídy jakosti.

Obr. 73: Vývoj koncentrací FKOLI v profilu Kosova Hora



Zdroj: PVL

### 6.1.2.3. Profil Radíč

Nevýznamnějším profilem v povodí Mastníku je Radíč. Tento profil je PVL sledován od roku 1996 a rozsahem sledovaných ukazatelů splňuje minimální požadavky na jednoznačné určení jakosti toku. Navíc jsou informace o kvalitě vody obohaceny o data průtoků od ČHMÚ. V rámci tohoto profilu je tedy vyhodnocena i závislost koncentrací na průtoku. Kromě grafického znázornění regresní přímkou byl pro zjištění závislosti použit také Pearsonův korelační koeficient. Hodnoty koeficientu určují vztah mezi koncentrací a průtokem. Výsledné hodnoty jsou v tabulce 19. Z té je patrné, že závislost na průtocích je v případě těchto parametrů nevýrazná.

Tab. 19: Pearsonův korelační koeficient pro závislost kvality vody na průtoku

ukazatel	PKK (1996 - 2012)
BSK <sub>5</sub>	-0,0447
CHSK <sub>Cr</sub>	0,0029
TOC	-0,2032
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,0517
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,3867
P <sub>C</sub>	-0,2065
Fe	0,0625
FKOLI	-0,0938
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-0,2315
N-NO <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	-0,1025
chlorofyl - a	-0,0730

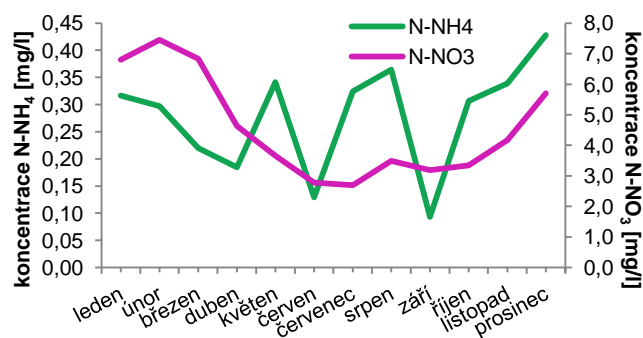
Zdroj: ČHMÚ, PVL, vlastní výpočty

Průměrná teplota vody v letech 2011 – 2012 byla 9,8°C. Elektrolytickou konduktivitou je profil zařazen do II. třídy jakosti a průměrné hodnoty pH byly 7,9. Tato hodnota svědčí o slabě zásadité vodě.

Stejně jako u ostatních profilů je u chodu koncentrací dusičnanového dusíku zřejmá závislost na vegetačním období. Maximálních koncentrací, v průměru 7,5 mg/l, bývá dosaženo v únoru při zvýšených vodnostech. Naopak červencová minima se pohybují okolo 2,7 mg/l. Charakteristická hodnota řadí N-NO<sub>3</sub> do III. třídy jakosti. N-NH<sub>4</sub> je zařazeno do I. jakostní třídy, ale jeho dlouhodobý roční chod je značně nevyrovnaný. Na minimální koncentrace během září navazují prosincová maxima (viz obr. 74). Na základě korelačního koeficientu a obrázku 75 nebyla prokázána závislost amoniakálního dusíku na průtoku. Oproti tomu v případě N-NO<sub>3</sub>, korelační koeficient poukázal na nepříliš těsný vztah (viz tab. 19), který byl potvrzen i regresní přímkou v grafu na obr. 75. U tohoto ukazatele je patrný vliv plošných zdrojů znečištění.

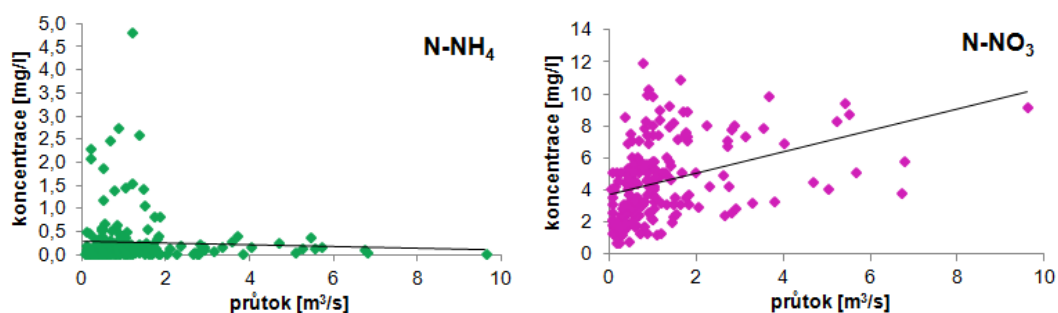


Obr. 74: Dlouhodobý roční chod koncentrací  $\text{N-NH}_4$ ,  $\text{N-NO}_3$  v profilu Kosova Hora



Zdroj: ČHMÚ, PVL

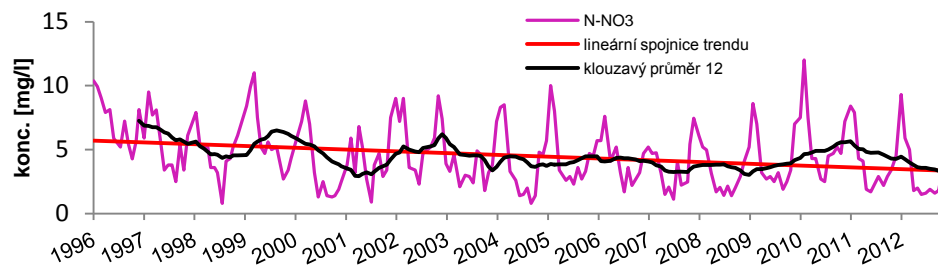
Obr. 75: Závislost koncentrací  $\text{N-NH}_4$  a  $\text{N-NO}_3$  na průtocích v profilu Radíč



Zdroj: ČHMÚ, PVL

Při sledování vývoje koncentrace dusičnanů je patrný sestupný trend. Kolísání koncentrací je v návaznosti na roční chod pravidelné, což dokumentuje obrázek 76. Podobný trend je patrný i u  $\text{N-NH}_4$  u kterého dokonce klesly během sledovaného období charakteristické hodnoty z III. do I. třídy jakosti.

Obr. 76: Vývoj koncentrací  $\text{N-NO}_3$  v profilu Radíč

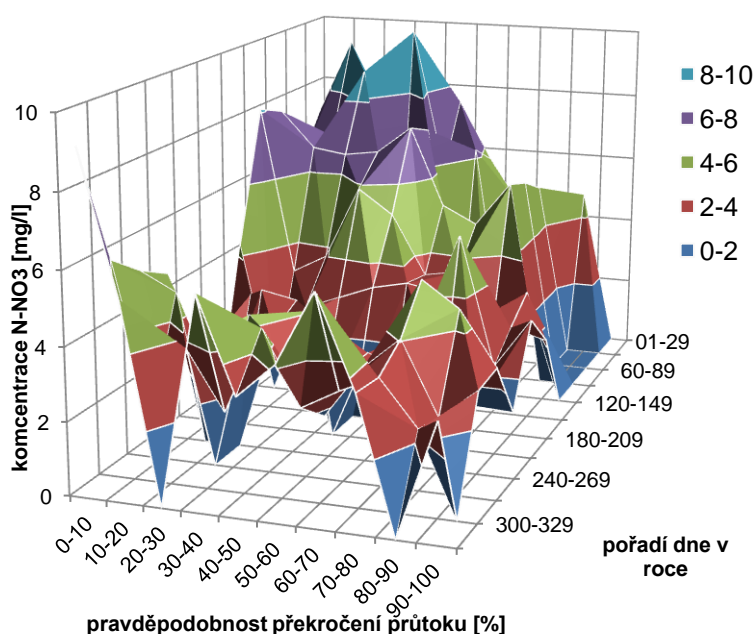


Zdroj: PVL

Pro podrobnější dokumentaci závislosti koncentrací  $\text{N-NO}_3$  na průtocích a roční době byl vytvořen trojrozměrný graf. Jako ukazatel odtokových poměrů byla použita pravděpodobnost překročení průtoku a časový horizont byl vyjádřen pomocí ukazatele

pořadí dne v roce (Janský 1982). Z obr. 77 vyplývá tendence zvýšených koncentrací dusičnanů při vysokých hodnotách odtoku především v prvních dvou měsících jednotlivých let. Tyto koncentrace jsou v grafu znázorněny světle modrou barvou, která označuje koncentraci větší než 8 mg/l. Zcela obecně je z grafu patrné, že nejvyšší koncentrace nastávají v první třetině roku, při průtocích s pravděpodobností překročení nižší než 50 %.

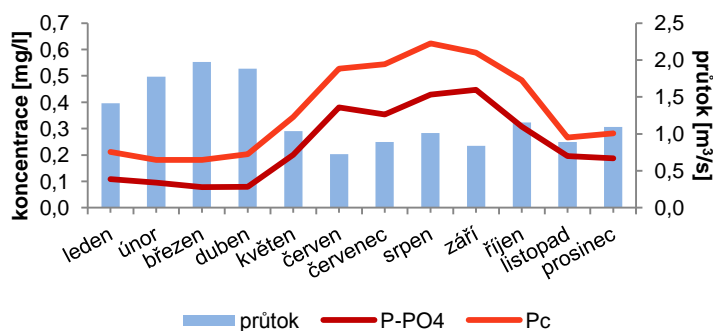
Obr. 77: Závislost koncentrací N-NO<sub>3</sub> na průtocích a roční době v profilu Radíč (1996 – 2012)



Zdroj: ČHMÚ, PVL

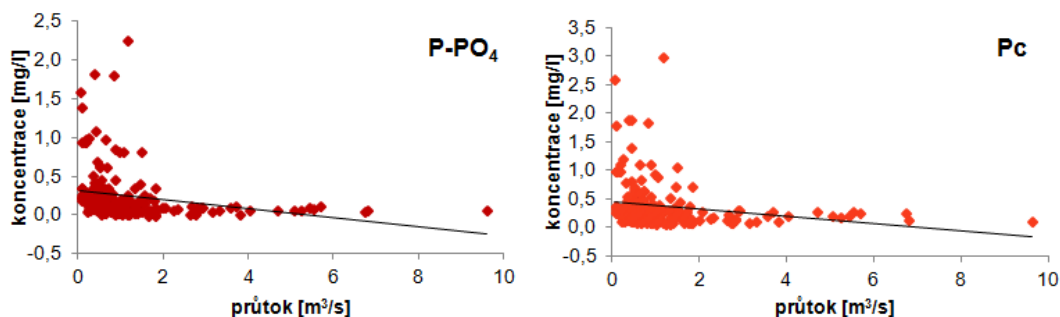
Na obrázku 78 je patrný vliv vodnosti na koncentraci fosforu fosforečnanového i celkového. S rostoucím průtokem klesá koncentrace fosforu. To potvrzuje vliv především bodových zdrojů znečištění. V tomto případě se jedná hlavně o čistírny odpadních vod. Maximální koncentrace P<sub>C</sub> nastávají v srpnu a jejich průměrná hodnota je 0,62 mg/l. Závislost koncentrací na průtoku potvrzuje také korelační koeficient, který pro P<sub>C</sub> dosahuje hodnoty -0,203 respektive -0,239 pro P-PO<sub>4</sub>. Tento trend závislosti potvrzují také grafy v obrázku 79 a směr přímky lineární regrese.

Obr. 78: Dlouhodobý chod koncentrací P-PO<sub>4</sub>, P<sub>C</sub> v profilu Radíč



Zdroj: ČHMÚ, PVL

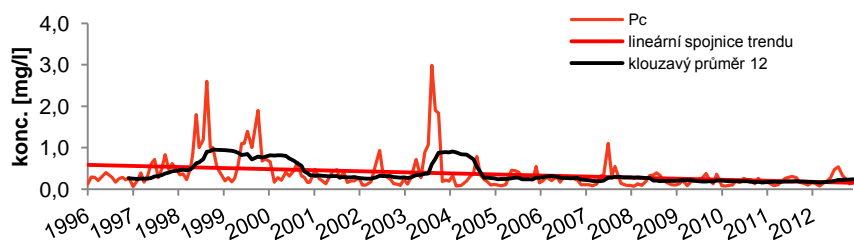
Obr. 79: Závislost koncentrací P-PO<sub>4</sub>, P<sub>C</sub> na průtocích v profilu Radíč



Zdroj: ČHMÚ, PVL

Vývoj koncentrací znečištění fosforem je na tomto profilu pozitivní. Až do roku 2004 charakteristická hodnota střídavě řadila znečištění fosforem do IV. a V. třídy jakosti. Ale od tohoto roku míra znečištění klesla do III. jakostní třídy. Jelikož je P-PO<sub>4</sub> součástí koncentrace celkového fosforu, je jeho vývoj stejný.

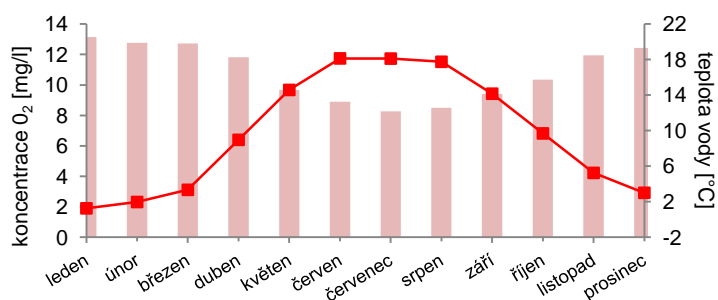
Obr. 80: Vývoj koncentrací P<sub>C</sub>; profil Radíč



Zdroj: PVL

Podle koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě je stejně jako na všech profilech v povodí zařazena do I. jakostní třídy. I na profilu Radíč je jasně patrná inverzní závislost koncentrace na teplotě vody (viz obr. 81).

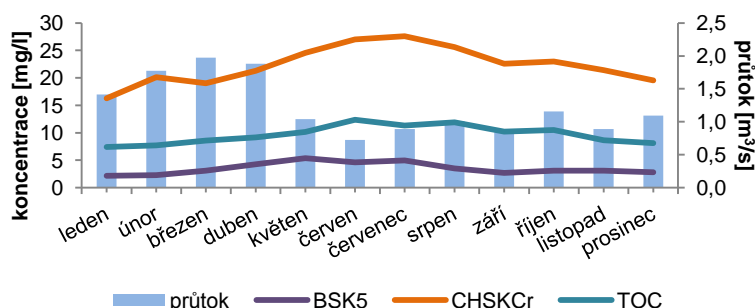
Obr. 81: Závislost koncentrací  $O_2$  na teplotě vody v profilu Radíč



Zdroj: PVL

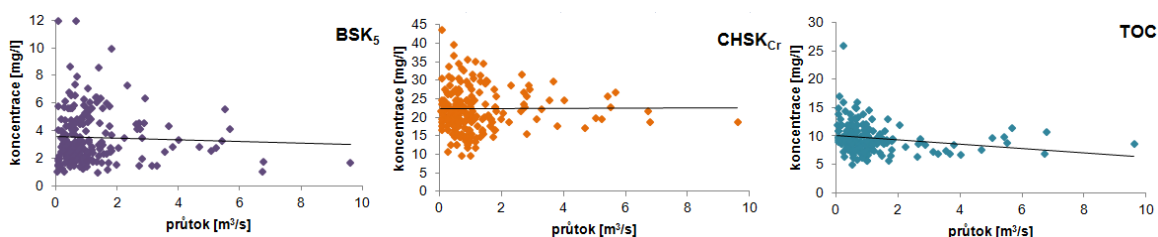
Podle komplexních ukazatelů pro detekci organických látek patří profil Radíč do III. jakostní třídy. Jejich roční chod je poměrně vyrovnaný. To je způsobeno již několikrát zmiňovaným stálým přísunem organických látek v odpadních komunálních a průmyslových vodách. Z obrázku 82 je patrné, že u těchto ukazatelů s klesající vodností mírně rostou jejich koncentrace. Avšak tato inverzní závislost na průtocích je pomocí Pearsonova korelačního koeficientu prokázána pouze pro ukazatel celkového organického uhlíku (viz tab. 15). Tento fakt potvrzují i grafy v obrázku 83, na kterých je tato závislost dobře pozorovatelná. U zbylých dvou koeficientů už směr regresní přímky není tolik výrazný. To je způsobeno poměrně velkou vzdáleností od výrazného bodového zdroje znečištění.

Obr. 82: Dlouhodobý chod koncentrací  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Cr}$  a TOC v profilu Radíč



Zdroj: ČHMÚ, PVL

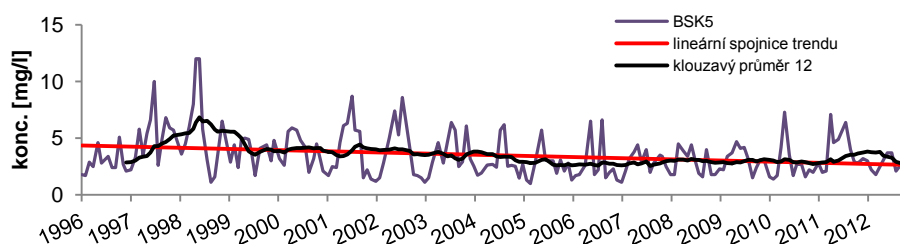
Obr. 83: Závislost koncentrací  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Cr}$  a TOC na průtocích v profilu Radíč



Zdroj: ČHMÚ, PVL

Dlouhodobý vývoj vykazuje u ukazatelů  $BSK_5$  a  $CHSK_{Cr}$  mírný pokles. Z grafu dlouhodobého vývoje na obrázku 84 je patrné, že hodnoty klouzavých průměrů jsou v případě  $BSK_5$  vyrovnané. Co se týče vývoje charakteristických hodnot, došlo k jejich poklesu. Na začátku sledovaného období se nacházely ve IV. třídě jakosti a nyní jsou ve třídě III. V případě ukazatele TOC nedošlo v tomto profilu za sledované období k žádným změnám.

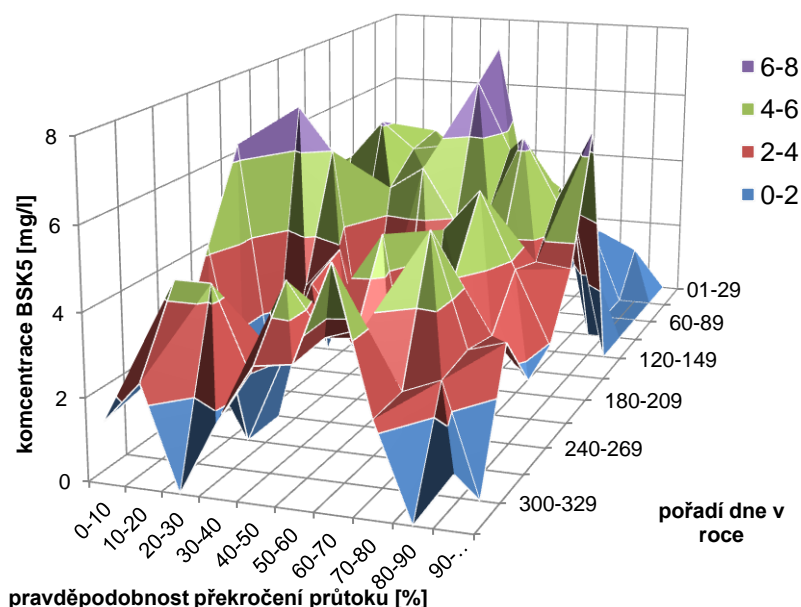
Obr. 84: Vývoj koncentrací  $BSK_5$  v profilu Radíč



Zdroj: PVL

Stejně jako pro ukazatel  $N-NO_3$ , který reprezentuje především plošné zdroje znečištění, bylo i pro ukazatel  $BSK_5$  použito hodnocení na základě dvou proměnných. Na obr. 85 je znázorněna závislost na překročení průtoku a pořadí dne v roce. Tento graf vyjadřuje rovnoměrné rozložení koncentrací v rámci roku, kdy relativně vyšší koncentrace se vyskytují v letních měsících. To odpovídá předpokladu závislosti na nižších průtocích. Z grafu je ale patrné, že některé vyšší koncentrace jsou spojeny také s vyšším průtokem. Tyto koncentrace jsou v obrázku vyjádřeny fialovou barvou. Tento fakt může být způsoben poměrně častými extrémními situacemi v podobě povodňových průtoků, které s sebou splachují velké množství organických látek.

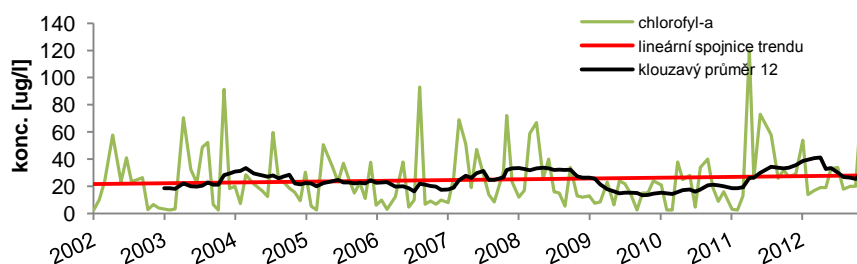
Obr. 85: Závislost koncentrací BSK<sub>5</sub> na průtocích a roční době v profilu Radíč (1996 -2012)



Zdroj: ČHMÚ, PVL

Součástí rozborů na profilu Radíč jsou také mikrobiologické a biologické ukazatele. Termotolerantní koliformní bakterie vykazují za sledované období značné zlepšení. Z původní jakostní třídy IV. se nyní v tomto parametru nachází v I. třídě. V letech 1997 – 1998 byly zjištěny průměrné hodnoty 215 KTJ/ml, oproti tomu v období 2011 – 2012 je tento průměr roven 11 KTJ/ml. Dalším ukazatelem je saprobní index makrozoobentosu, podle něhož při posledních odběrech v roce 2011 spadl profil do II. třídy jakosti. Posledním sledovaným ukazatelem je chlorofyl – a. Ten je na tomto profilu sledován od roku 2002 a střídavě řadí profil do III. respektive IV. jakostní třídy. Z ročního chodu jsou patrná zimní minima a jarní maxima. Koncentrace chlorofylu v období 2011 – 2012 sráží celkovou jakost tohoto profilu do IV. třídy, a to svědčí o velkém výskytu řas a sinic. Z obrázku 86 je patrný trend mírného růstu koncentrací.

Obr. 86: Vývoj koncentrací chlorofylu v profilu Radíč

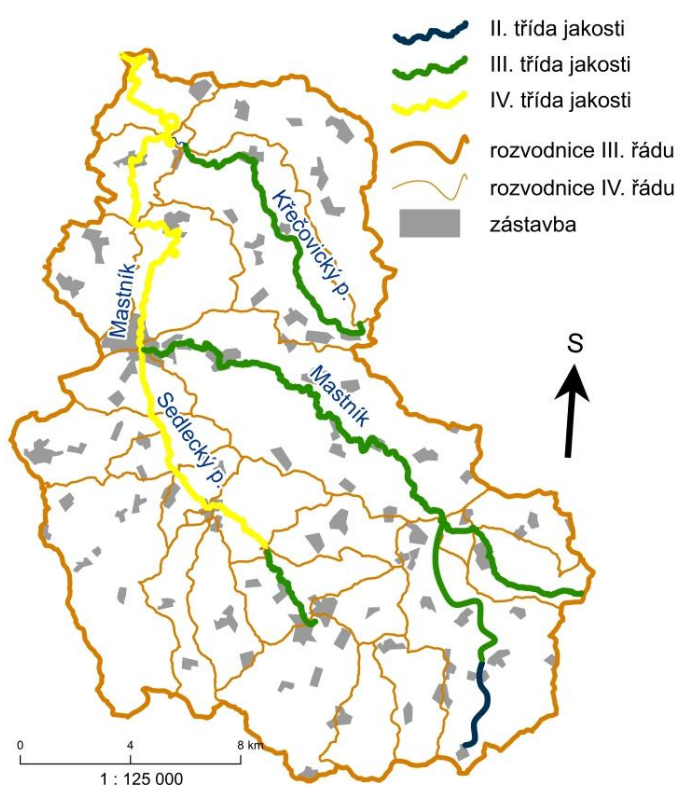


Zdroj: PVL

### 6.1.3. Shrnutí výsledků o jakosti vod v povodí

Na základě výše popsaných výsledků vlastního a státního monitoringu byla stanovena výsledná jakost pro sledované toky v povodí. Toto hodnocení je vyjádřeno v podobě mapy jakosti vody (obr. 87). Na základě výsledné jakosti v kontrolních profilech byly jednotlivé třídy barevně vyznačeny v jednotlivých úsecích toků. Toto hodnocení nemusí odpovídat reálné situaci, protože přesně nezohledňuje změny jakosti v podélném profilu a také nebere v potaz skokové změny způsobené například místem vypouštění odpadních vod, přítokem, atd.

Obr. 87: Výsledná jakost povrchových vod v povodí Mastníku



Zdroj: PVL, VÚV, vlastní měření

V povodí Mastníku byly zjištěny tři třídy jakosti vody. Horní tok Mastníku po profil Dolní Nové Dvory byl vyhodnocen II. třídou a v povodí je to na základě dostupného monitoringu nejméně zatížená část toku. Poté je Mastník až po soutok se Sedleckým potokem zařazen do III. jakostní třídy. To potvrzují profily Strašík a Kosova Hora. V tomto úseku je také hodnocen pravostranný přítok Smilkovský potok. Ten na základě dat z profilu Na Podskale také patří do III. třídy. Ve vodním útvaru Mastník po soutok s tokem Sedlecký potok jsou největším problémem znečištění organické látky, dusičnany, fosfor a železo.

V povodí Sedleckého potoka byly stanoveny dvě jakostní třídy. Hodnocení bylo provedeno na základě vlastního monitoringu, protože poslední výsledky z profilů státní sítě jsou již několik let staré a celý tok řadí do IV. jakostní třídy. Toto zařazení se potvrdilo i vlastními odběry. Jen část toku po profil Měšetice lze zařadit do III. jakostní třídy. Zbytek toku na základě výsledku státního monitoringu a vlastního profilu Rudolec je zařazen do IV. jakostní třídy. Problematické jsou v tomto povodí především organické látky a fosfor.

Křečovický potok byl zařazen do III. třídy jakosti, a to na základě výsledku monitoringu PVL v profilu Dubliny. V tomto vodním útvaru jsou toky nejvíce zatíženy organickými látkami, dusičnany a fosforem.

Vodní útvar Mastník po vzduť nádrže Slapy byl celý umístěn do IV. jakostní třídy. Toto začlenění odpovídá profilu Radíč, který byl na základě koncentrace chlorofylu zařazen do IV. třídy jakosti. Tato třída nemusí odpovídat celé této části toku, ale je zde zohledněn vliv Sedleckého potoka, který do této třídy také patří.

#### **6.1.4. Vyhodnocení vodních útvarů na základě normy environmentální kvality**

Pro hodnocení na základě normy environmentální kvality (NEK) byly jednotlivé profily rozděleny podle vodních útvarů. Toto rozdělení je nutné, protože výsledný ekologický stav toku se hodnotí právě pro tyto vodní útvary. Pro zařazení útvaru mezi nevyhovující stačí jediný ukazatel na sledovaných profilech.

Prvním útvarem je Mastník po soutok s tokem Sedlecký potok. V tomto útvaru byly vyhodnoceny 4 profily. Vlastní profily Dolní Nové Dvory a Strašík nesplňují limitní hodnoty normy v ukazateli amonného dusíku (viz tabulka 20). Profily státní monitorovací sítě, sledované v roce 2012 jsou pouze dva. Profil Na Podskale nesplňuje limity v parametru celkového fosforu a na profilu Kosova Hora přesahuje limitní hodnoty železo. Celkově tedy tento vodní útvar má nevyhovující ekologický stav.

Druhý útvar na toku Mastník je Mastník po vzduť nádrže Slapy. V tomto útvaru je pouze jeden sledovaný profil Radíč. Problémem tohoto profilu je  $P_C$ , který nesplňuje limitní hodnoty NEK. Proto tento vodní útvar je také označen za nevyhovující.



Tab. 20: Vybrané ukazatele jakosti vody v povodí Mastníku a jejich porovnání s NEK (2012)

vodní útvar		Mastník po soutok s tokem Sedlecký potok				Mastník po vzdutí
název profilu		Dolní Nové Dvory	Strašík	Na Podskale	Kosova Hora	Radíč
parametr	NEK-RP					
teplota vody (°C)	29 (NPH)	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
Ph	6 - 9	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
rozpuštěný O <sub>2</sub> (mg/l)	min. 9	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
BSK <sub>5</sub> (mg/l)	3,8	vyhovuje	vyhovuje		vyhovuje	vyhovuje
CHSK <sub>Cr</sub> (mg/l)	26			vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0,23	nevyhovuje	nevyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	5,4	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
P <sub>C</sub> (mg/l)	0,15			nevyhovuje	vyhovuje	nevyhovuje
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	150	vyhovuje	vyhovuje			
Mn (mg/l)	0,3	vyhovuje	vyhovuje		vyhovuje	
Fe (mg/l)	1	vyhovuje	vyhovuje		nevyhovuje	vyhovuje
Ca (mg/l)	190	vyhovuje	vyhovuje			
výsledný stav profilu		nevyhovuje	nevyhovuje	nevyhovuje	nevyhovuje	nevyhovuje
výsledný stav vodního útvaru		nevyhovuje				nevyhovuje

pozn:

vlastní monitoring

monitoring PVL

Zdroj: PVL, vlastní měření

V tabulce 21 pokračuje hodnocení ekologického stavu pro vodní útvary, které nejsou přímo ovlivněny Mastníkem. Povodí Sedleckého potoka bylo hodnoceno na profilech Měšetice a Rudolec. Profil Měšetice nevyhovuje v parametrech BSK<sub>5</sub> a N-NH<sub>4</sub>. Amonikální dusík má nevyhovující stav i na profilu Rudolec. Celkově vodní útvar Sedlecký potok po ústí do toku Mastníku nevyhovuje svým ekologickým stavem.

Profil Dubliny na Křečovickém potoce byl hodnocen na základě dat z vlastního i státního monitoringu. Podle parametrů vlastního monitoringu tento profil v měřených parametrech splňuje ekologický stav. Ovšem hodnocení státního monitoringu nevyhovuje v ukazateli celkového fosforu. Proto je vodní útvar ohodnocen nevyhovujícím ekologickým stavem. Posledním takto hodnoceným profilem je Zátoka Mastníku. Tento profil nevyhovuje v ukazatelích BSK<sub>5</sub> a N-NH<sub>4</sub>.

Tab. 21: Vybrané ukazatele jakosti vody v povodí Mastníku a jejich porovnání s NEK (2012, ostatní útvary)

vodní útvar		Sedlecký potok po ústí do toku Mastník		Křečovický potok po ústí do toku Mastník		Nádrž Slapy
název profilu		Měšetice	Rudolec	Dubliny	Dubliny	Zátoka Mastníku
parametr	NEK-RP					
teplota vody (°C)	29 (NPH)	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
Ph	6 - 9	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
rozpuštěný O <sub>2</sub> (mg/l)	min. 9	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
BSK <sub>5</sub> (mg/l)	3,8	nevyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	nevyhovuje
CHSK <sub>Cr</sub> (mg/l)	26				vyhovuje	
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0,23	nevyhovuje	nevyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	nevyhovuje
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	5,4	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
P <sub>C</sub> (mg/l)	0,15				nevyhovuje	
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	150	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje		vyhovuje
Mn (mg/l)	0,3	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje		vyhovuje
Fe (mg/l)	1	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje		vyhovuje
Ca (mg/l)	190	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje		vyhovuje
výsledný stav profilu		nevyhovuje	nevyhovuje	vyhovuje	nevyhovuje	nevyhovuje
výsledný stav vodního útvaru		nevyhovuje		nevyhovuje		nevyhovuje

pozn:

vlastní monitoring

monitoring PVL

Zdroj: PVL, vlastní měření

## 6.2. Hodnocení bilance látkového odnosu

Výsledky těchto analýz jsou shrnuty v tabulce 22. Výpočet byl proveden na profilech, ke kterým existují data o průtocích a leží zhruba v závěrových profilech jednotlivých subpovodí. Jedná se o profily Strašík, Rudolec, Dubliny a Radič. Zvoleny byly ukazatele představující různé zdroje znečištění. Biologická spotřeba kyslíku a fosforečnany pocházejí z bodových zdrojů znečištění a dusičnanové látky podávají informace o plošných zdrojích znečištění. Navíc je zde zvolen ukazatel železa, který se na několika profilech v povodí vyskytuje ve III. třídě jakosti.

Plošné rozložení SLO v ukazatelích BSK<sub>5</sub> a N-NO<sub>3</sub> je znázorněno pomocí obrázku 88. BSK<sub>5</sub> odráží organické znečištění a v celkovém pohledu je dominantní hustěji osídlená oblast na dolním toku Mastníku, což je ovlivněno především městem Sedlčany. Oproti tomu horní část povodí a Křečovický potok se na specifickém odnosu látek podílejí výrazně menší měrou. Rozložení látkového odnosu dusičnanů je závislé především na zemědělském využití půdy. V celém povodí Mastníku je látkový odnos relativně vysoký. Prostorová distribuce SLO dosahuje nejvyšších hodnot na středním a dolním toku, kde se nachází největší rozlohy orné půdy. Velké plochy orné půdy jsou

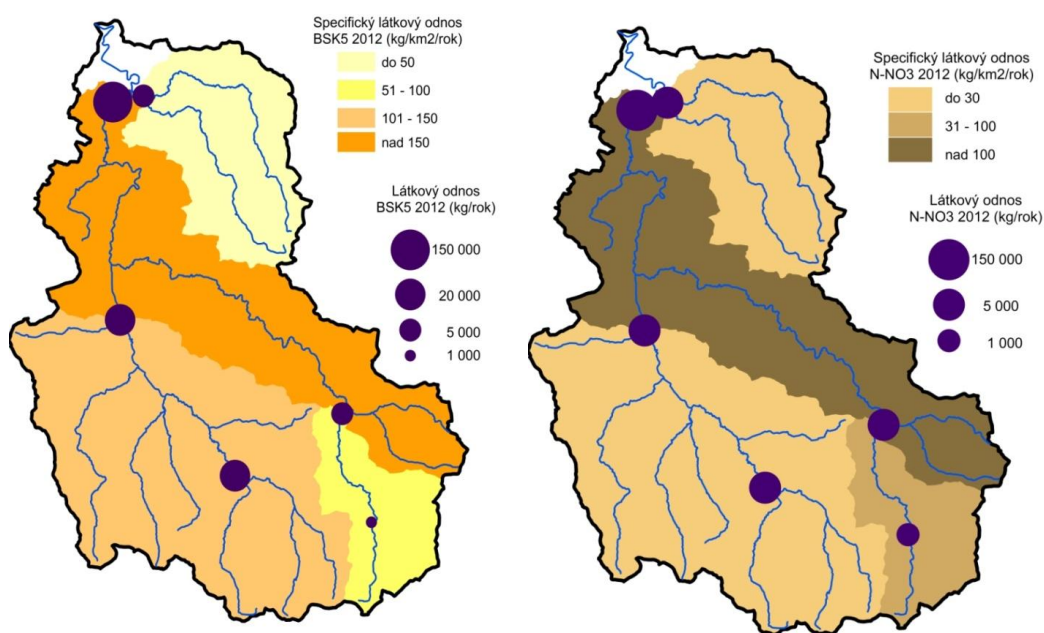
také v povodí Sedleckého potoka, avšak tento fakt není podpořen SLO. Ten může být ovlivněn rozsáhlými lesními plochami na jihu tohoto povodí a relativně malou sklonitostí svahů v Sedlecké kotlině. Z toho vyplývá i menší erozní ohroženost této části povodí.

Tab. 22: Látkový a specifický látkový odnos v povodí Mastníku, vybrané ukazatele

ukazatel	BSK <sub>5</sub>		N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
profil	LO (kg.rok <sup>-1</sup> )	SLO (kg.km <sup>2</sup> .rok <sup>-1</sup> )	LO (kg.rok <sup>-1</sup> )	SLO (kg.km <sup>2</sup> .rok <sup>-1</sup> )	LO (kg.rok <sup>-1</sup> )	SLO (kg.km <sup>2</sup> .rok <sup>-1</sup> )
Strašík	2 499,36	83,31	1 388,53	46,28	302,95	10,09
Rudolec	14 153,62	104,84	3 569,16	26,43	1 025,62	7,59
Dubliny	2 650,84	49,09	1 439,03	26,65	214,59	3,98
Radič	130 518,00	486,10	148 939,00	554,71	2 473,61	10,22
ukazatel	P <sub>c</sub>		P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>		Fe	
profil	LO (kg.rok <sup>-1</sup> )	SLO (kg.km <sup>2</sup> .rok <sup>-1</sup> )	LO (kg.rok <sup>-1</sup> )	SLO (kg.km <sup>2</sup> .rok <sup>-1</sup> )	LO (kg.rok <sup>-1</sup> )	SLO (kg.km <sup>2</sup> .rok <sup>-1</sup> )
Strašík			151,48	5,05	277,71	9,26
Rudolec			1 476,90	10,94	1 107,67	8,21
Dubliny			214,59	3,98	378,70	7,01
Radič	8 230,85	30,66	4 703,34	17,51	26 822,71	99,90

Zdroj: PVL, vlastní měření a výpočty

Obr. 88: Látkový odnos BSK<sub>5</sub> a N-NO<sub>3</sub> v povodí Mastníku v roce 2012



Zdroj: VÚV, PVL, vlastní měření a výpočty

### 6.3. Znečištění sedimentů

Na základě jediného stanovení koncentrace těžkých kovů v povodí nelze vytvářet závěry. Tato část slouží jen pro hrubou představu o kvalitě sedimentů v povodí. Odběr byl proveden na profilu Radíč v roce 2009 státním podnikem Povodí Vltavy.

Tab. 23: Obsah těžkých kovů a zařazení do jakostních tříd

hodnocení sed. /ukazatel	Cr	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
koncentrace (mg/kg suš.)	120	0,5	52	49	58	180
Turekian a Wedepohl	0,62	0,77	0,53	0,33	1,34	0,88
FGG Elbe	0,92	1,16	1,20	2,26	1,07	0,92

Třída jakosti sedimentu	0	1	2	3	4	5	6
-------------------------	---	---	---	---	---	---	---

Zdroj: PVL, Vyhláška č. 382/2001 Sb. Turekian a Wedepohl, FGG Elbe a vlastní výpočty

Na základě porovnání naměřených koncentrací s mezními hodnotami vyhlášky č. 382/2011 sb. vyplývá, že chrom, kadmium a zinek tyto mezní hodnoty překračují. Koncentrace těchto prvků převyšuje limitní hodnoty pro běžné půdy.

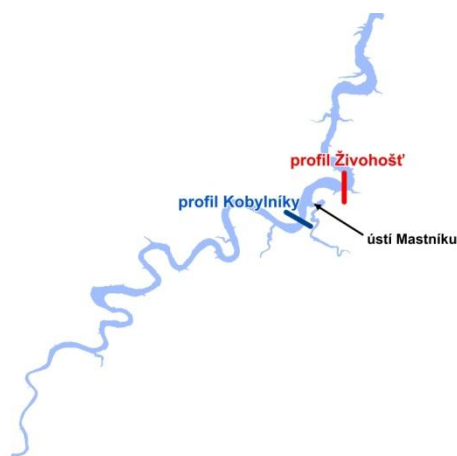
Z výše uvedené tabulky jsou také patrná zařazení do jakostních tříd podle geoakumulačního indexu Igeo. Na základě požadových hodnot Turekiana a Wedepohla (1961) je patrné, že sediment je nezatížený až mírně zatížený. To samé o sedimentu vypovídá také hodnocení na základě požadových hodnot FGG Elbe (2001). Tento index však zařazuje sediment na základě koncentrace niklu do 3 třídy jakosti, což odpovídá mírně až silně zatíženému sedimentu. Ale vzhledem k hodnotě indexu, který je bližší druhé než třetí třídě jakosti, lze i pomocí FGG Elbe zařadit sediment do II. jakostní třídy. Na základě geoakumulačních indexů je odebraný sediment považován za mírně zatížený.

### 6.4. Kvalita vod ve Slapské nádrži a v zátocě Mastníku

Monitoring na nádrži zajišťuje státní podnik Povodí Vltavy. Pro tuto práci jsou k dispozici data ze dvou profilů. Prvním jsou Kobylníky, které leží zhruba 1 km před přítokem Mastníku do nádrže. Druhým je profil Živohošť, nacházející se přibližně 2 km pod ústím Mastníku. Tyto profily byly vybrány z důvodu posouzení vlivu povodí Mastníku na jakost vod ve Slapské nádrži. Jejich poloha je znázorněna na obrázku 89. V práci jsou použita data o teplotě vody, pH, nasycenosti kyslíkem a koncentrace N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, P<sub>C</sub>, Fe a chlorofylu v celé akumulaci. U obou profilů je využito hloubkové vertikály s intervalem 5 m. V případě Kobylníků přibližně do hloubky 40 m a na Živohošti je dno přibližně ve hloubce 45 m. Naměřené hodnoty z vegetačního období, tedy od dubna do listopadu, pocházejí z let 2005 – 2012. Výjimkou je rok 2006, kdy došlo pouze

k říjnovým odběrům a rok 2010, kdy monitoring na sledovaných profilech neprobíhal. Tyto dva profily jsou doplněny i o profil nacházející se přímo v zátocě Mastníku, zhruba 1,5 km před ústím do Vltavy. Tento profil je zhruba 4 m hluboký a je ovlivněn kvalitou vody přitékající z povodí Mastníku. Data jsou dostupná ve stejném rozsahu ukazatelů od roku 2007.

Obr. 89: Poloha profilů Kobylníky a Živohošť na Slapské nádrži



Zdroj: VÚV, PVL

Vliv na jakost vod v nádrži má celá řada parametrů, které se nechají rozdělit mezi přirozené a antropogenní. Mezi antropogenní faktory patří objem znečištění z povodí, tedy především kvalita vod v přítocích. Dalšími faktory jsou způsob manipulace s nádrží a chov ryb. Z přírodních vlivů se uplatňují klimatický a hydrologický režim, morfologie dna a schopnost retence živin v nádrži. Kromě těchto faktorů ovlivňuje jakost v nádrži také tzv. koeficient obměny. Tento proces vyjadřuje v procentech velikost aktuálního objemu nádrže nahrazeného přítokem během dvaceti dnů. V roce 2012 během vegetačního období tento koeficient na Slapské přehradě dosahoval zhruba 43 %. To staví tuto nádrž na rozmezí dvou typů nádrží. V nádrži tedy hraje stejnou roli interní vývoj jakosti a aktuální stav v povodí. Na celkové jakosti vod v nádrži se tyto dva jevy podílí rovnoměrně. Ale například na začátku června 2013 během povodňové situace dosahovala hodnota koeficientu obměny 480 %. Tento stav v nádrži kopíruje jakost vod na přítocích a velmi často získává charakter průtočné zdrže (PVL – Jakost vody v nádržích, 2013).

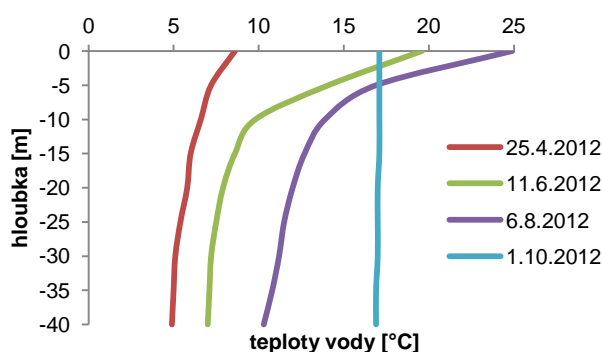
#### 6.4.1. Stratifikace nádrže podle jednotlivých ukazatelů

Díky dostatečné hloubce (přes 40 m na sledovaných profilech) a dlouhé době zadržení (38,5 dne), je v nádrži patrná stratifikace teplotní, rozpuštěného kyslíku

(i v případě nasycení kyslíkem), pH,  $P_C$  a Fe. Méně výrazná je vertikální stratifikace sloučenin dusíku.

Teplotní stratifikace značně ovlivňuje vývoj jakosti vody. Vzhledem k dostupným datům je možné pozorovat pouze letní teplotní stratifikaci, která souvisí s nerovnoměrným prohříváním vody v různých hloubkách. První náznaky se na profilu Kobylníky projevují již během dubna, jak je patrné z obr. 90. Největší rozdíly v teplotách v rámci celé akumulace jsou pozorovány v letních měsících. Výsledkem je vytváření dvou samostatných vodních těles – epilimnia při hladině a hypolimnia u dna. V každém z těchto prostorů se odehrávají odlišné procesy (PVL – Jakost vody v nádržích, 2013). K podzimní cirkulaci dochází během září a následná homotermie nastává na přelomu září a října. Na obrázku 90 je tato situace znázorněna světle modrou barvou.

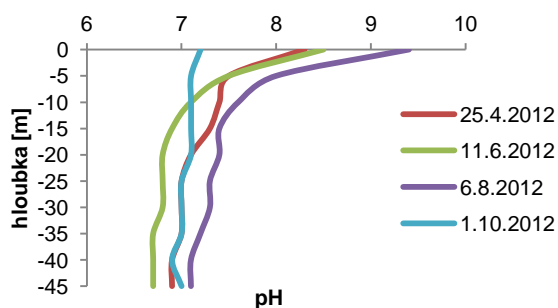
Obr. 90: Vývoj teplotní stratifikace v nádrži Slapy na profilu Kobylníky v roce 2012



Zdroj: PVL

Podobná stratifikace je patrná také u hodnot pH. Výrazné rozdíly hodnoty pH u hladiny a dna během vegetačního období jsou vidět z obrázku 91. U dna dosahuje pH hodnot okolo 7, což charakterizuje rovnovážný stav. Naproti tomu u hladiny jsou během srpna hodnoty velmi zásadité. Například v roce 2012 dosáhly na profilu Živohošť hodnoty 9,5. Takto vysoké hodnoty jsou způsobeny spotřebou oxidu uhličitého zelenými řasami (PVL – Jakost vody v nádržích, 2013).

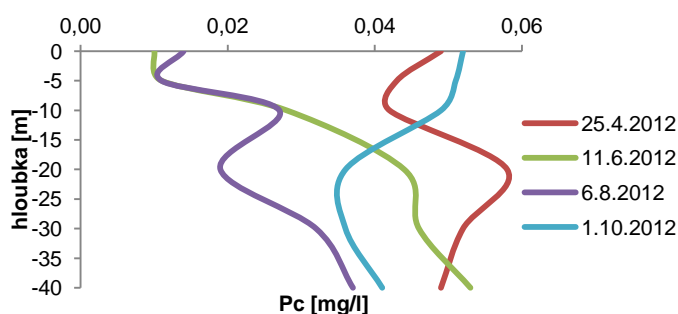
Obr. 91: Vývoj pH v nádrži Slapy na profilu Živohošť v roce 2012



Zdroj: PVL

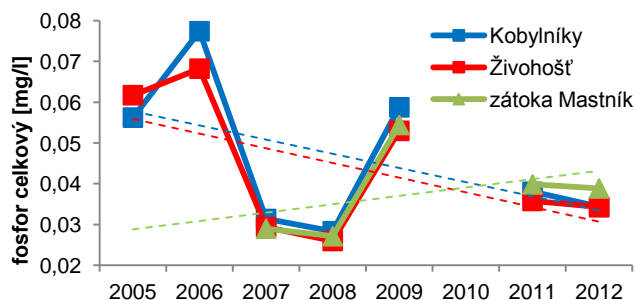
Hodnoty koncentrace celkového fosforu s přibývající hloubkou rostou (Pitter 2009). To samé platí také o profilu Kobylníky. Výjimkou jsou měsíce duben a říjen, kdy vzhledem k cirkulačním vodním mas není stratifikace ještě zcela patrná (viz obr. 92). V letních měsících jsou minima dosažena u hladiny a vyšší koncentrace jsou vlivem biochemického rozkladu a kyslíkového deficitu. Průměrné koncentrace  $P_C$  na sledovaných profilech včetně zátoky Mastník jsou vyneseny v obrázku 93. Z těchto průměrných koncentrací je patrný stejný vývoj na všech profilech. Průměrné vyšší koncentrace byly zaznamenány na profilu Kobylníky, což by vzhledem k jejich poloze znamenalo nepodstatný vliv Mastníku na celkovou koncentraci fosforu v nádrži. Maximální průměry zjištěné během roku 2006 jsou ovlivněny pouze jedním měřením v průběhu tohoto vegetačního období. V grafu na tomto obrázku je vynesena také lineární trend. Ten dokumentuje celkové snížení koncentrací fosforu ve Slapské nádrži během sledovaného období. V případě zátoky je opačný trend ovlivněn krátkou dobou sledování. Celkový trend poklesu je způsoben snížením množství vypouštěného fosforu nejen v povodí Mastníku, ale také v celém povodí Horní Vltavy. Na celkový obsah fosforu v nádrži má také vliv Orlická přehrada, která zadrží zhruba 40 – 50 % celkového množství fosforu z povodí horní Vltavy (Hejlar a kol. 2000). Více o dlouhodobých trendech v koncentracích fosforu na Slapské přehradě je v kapitole 2.6.

Obr. 92: Vývoj koncentrací fosforu v nádrži Slapy na profilu Kobylníky v roce 2012



Zdroj: PVL

Obr. 93: Průměrné koncentrace celkového fosforu v nádrži Slapy (2005 – 2012)

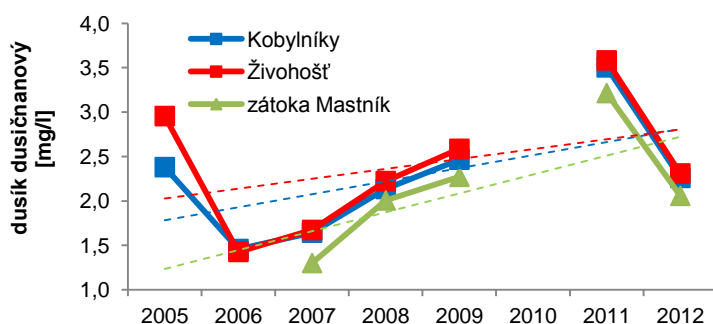


Zdroj: PVL



V případě sloučenin dusíku je jejich vertikální zonace oproti fosforu méně výrazná. Tato skutečnost je patrná z grafů na obrázku 98. V těchto grafech je vyjádřena celková průměrná stratifikace za sledované období pro obě sledované vertikály. Průměrné koncentrace dusičnanového dusíku jsou zobrazeny v obr. 94. Z nich je vidět trend růstu koncentrací na všech profilech. Tento trend je velmi ovlivněn rokem 2011, kdy průměrné koncentrace dusičnanového dusíku dosahovaly hodnoty 3,5 mg/l. Dále je také patrná nižší koncentrace dusičnanů v zátoce Mastníku.

Obr. 94: Průměrné koncentrace dusičnanového dusíku v nádrži Slapy (2005 – 2012)



Zdroj: PVL

Důležitým parametrem s ohledem na proces eutrofizace je chlorofyl. Ten je důležitou součástí těl vyšších rostlin, řas a sinic. Z hodnoty koncentrace této látky lze velmi přesně hodnotit výskyt těchto organismů (PVL – Jakost vody v nádržích). Koncentrace chlorofylu jsou měřeny pouze do hloubky 10 m, v hlubších polohách vlivem nedostatku světelného záření je jeho koncentrace minimální. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny při hladině na začátku vegetačního období roku 2012, koncentrace chlorofylu činila 43 ug/l. Pro posouzení vývoje za sledované období slouží obrázek 95. Co se týče Slapské nádrže, tak v roce 1994 dosahovala průměrná koncentrace hodnoty 17 ug/l (Hejzar a kol. 2000), oproti tomu v roce 2012 je průměrná koncentrace 9 ug/l. Z těchto hodnot je patrný výrazný sestupný trend v posledních 20 letech. Z hlediska trofie se řadí tato průměrná koncentrace, na základě klasifikace Výzkumného ústavu vodohospodářského, do kategorie označené jako vyhovující stav (viz tabulka 24). V případě zátoky Mastník jsou koncentrace chlorofylu především v letech 2011 a 2012 výrazně vyšší. Dochází zde k velkému rozvoji eutrofizace, a to především díky vyšším průměrným teplotám vody, kdy celkové průměrné hodnoty jsou během vegetačního období přibližně o 6°C vyšší (viz obr. 96). Teplota vody hraje při eutrofizaci velmi důležitou roli a také podmiňuje kyslíkovou stratifikaci. Vliv jednotlivých parametrů je velmi provázán. Horní vrstva je dobře prosvětlena a díky asimilaci zelených rostlin také dobře prokysličená. Naopak v hypolimniu vznikají během rozvoje zelených rostlin rozsáhlé



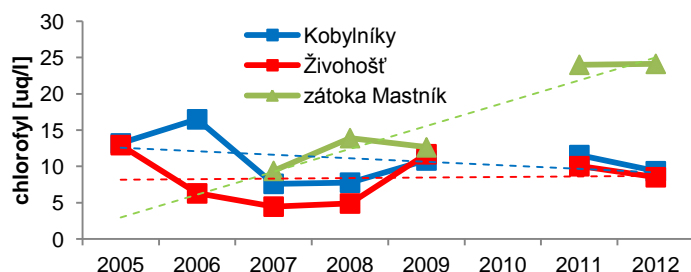
oblasti z nízkého obsahu kyslíku, jak je patrné z grafu na obr. 97. Tento proces je důkladně popsán v kapitole 2. Výskyt zelených rostlin, řas a sinic je také limitován koncentrací fosforu.

Tab. 24: Klasifikace stavu trofie nádrže na základě koncentrace chlorofylu

I.	< 2,5	- výborný
II.	2,5 - 10	- dobrý
III.	10 - 30	- vyhovující
IV.	30 - 110	- nevyhovující
V.	> 110	- závadný

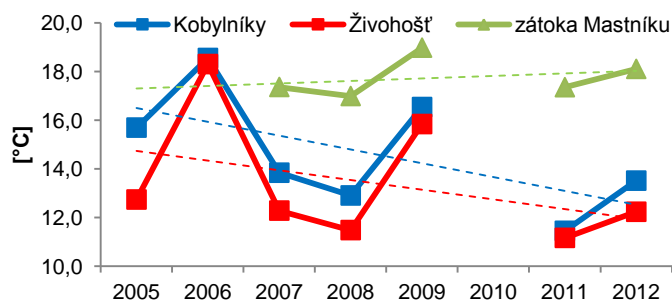
Zdroj: VUV

Obr. 95: Průměrné koncentrace chlorofylu v nádrži Slapy (2005 – 2012)



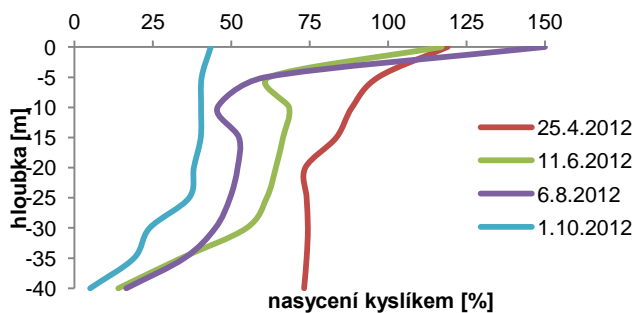
Zdroj: PVL

Obr. 96: Průměrná teplota vody v nádrži Slapy (2005 – 2012)



Zdroj: PVL

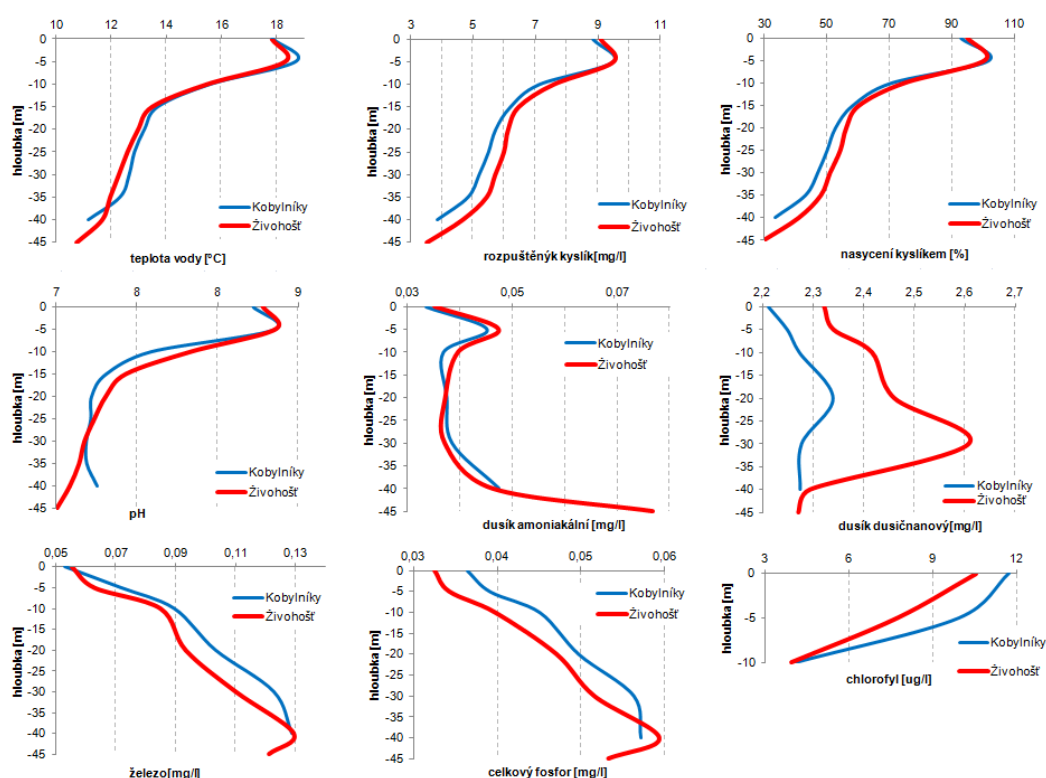
Obr. 97: Vývoj nasycení kyslíkem v nádrži Slapy na profilu Kobylínky v roce 2012



Zdroj: PVL

Pro posouzení změn podélného vývoje koncentrací sledovaných parametrů v rámci dvou profilů na Slapské přehradě, a tedy pro zhodnocení vlivu povodí Mastníku na jakost vod v této nádrži byly použity grafy průměrných koncentrací (2005 – 2012) v hloubkovém intervalu 5 metrů. Tento vývoj koncentrací je vyjádřen v obrázku 98. Z vývoje jednotlivých parametrů je patrný shodný vývoj v průměrných koncentracích i ve vertikálním vývoji. Tento fakt svědčí o minimálním vlivu Mastníku na koncentraci vybraných látek, což by nasvědčovalo k převaze interního vývoje jakosti vod v nádrži. Je nutné si uvědomit, že povodí Mastníku negativně ovlivuje především samotnou zátoku Mastník. Tato zátoka vytváří svébytný ekosystém, málo ovlivněný proudním úsekem Vltavy. Více se zhodnocením vlivu Mastníku na jakost vod ve Slapské přehradě zabývá kapitola 7.

Obr. 98: Srovnání průměrné stratifikace na sledovaných profilech (2005 – 2012)



Zdroj: PVL

#### 6.4.2. Vyhodnocení tříd jakosti vod ve Slapské nádrži a v zátoce Mastníku

Na základě dostupných parametrů byla vyhodnocena také jakost vod na základě ČSN 75 7221. Využito bylo průměrných hodnot z vegetačního období ze všech měřených bodů hloubkové vertikály. Toto hodnocení bylo provedeno pro dvouletí 2011 – 2012 a oba profile byly zařazeny do II. třídy jakosti. Příčinou byl zvýšený obsah sloučenin dusíku, fosforu a chlorofylu. Pro stejné dva roky

byl také vyhodnocen profil zátoka Mastník. Ten byl vzhledem k vyšším koncentracím chlorofylu zařazen do III. jakostní třídy.

Tab. 25: Jakost vod na profilech Kobylníky a Živohošť

sledované období	2011 – 2012									
název profilu	Kobylníky					Živohošť				
parametr	počet stanovení	průměr	medián	C (90)	třída	počet stanovení	průměr	medián	C (90)	třída
pH	14	7,65	7,30	8,53		14	7,36	7,2	8,05	
teplota vody (°C)	14	12,42	11,50	18,93		14	10,94	9,8	16,93	
rozpuštěný O <sub>2</sub> (mg/l)	14	7,22	7,50	11,12	I	14	6,39	7,1	10,35	I
nasycení O <sub>2</sub> (%)	14	67,51	68,75	106,69		14	57,23	63,5	92,63	
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	14	0,03	0,03	0,04	II	14	0,04	0,0	0,06	II
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	14	2,87	2,95	3,84	II	14	2,94	3,2	3,88	II
P <sub>C</sub> (mg/l)	14	0,04	0,04	0,05	II	14	0,04	0,0	0,05	II
Fe (mg/l)	14	0,08	0,06	0,16	I	14	0,08	0,1	0,16	I
chlorofyl-a (ug/l)	14	10,46	7,58	21,74	II	14	7,92	5,4	16,66	II
celková třída jakosti					II					II

Zdroj: PVL

Tab. 26: Jakost vod na profilu zátoka Mastník

sledované období	2011 - 2012				
název profilu	zátoka Mastník				
parametr	počet stanovení	průměr	medián	C (90)	třída
pH	14	8,91	8,95	9,39	
teplota vody (°C)	14	17,76	19,15	22,88	
rozpuštěný O <sub>2</sub> (mg/l)	14	11,28	11,41	13,66	I
nasycení O <sub>2</sub> (%)	14	118,25	126,83	138,51	
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	14	0,04	0,03	0,05	I
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	14	2,64	2,50	3,44	II
P <sub>C</sub> (mg/l)	14	0,04	0,04	0,05	II
Fe (mg/l)	14	0,07	0,05	0,13	I
chlorofyl-a (ug/l)	14	24,08	23,50	43,07	III
celková třída jakosti					III

Zdroj: PVL

## 7. Diskuze

Hlavním cílem této práce bylo zhodnocení jakosti povrchových vod v povodí Mastníku. Celé povodí je charakteristické převládající zemědělskou krajinou. Mastník představuje nejvýznamnější přítok do Slapské nádrže, a proto je věnována část diplomové práce zhodnocení vlivu Mastníku na jakost vody v tomto vodním díle.

V první části práce je ve formě rešerše zpracována problematika týkající se eutrofizace a jakosti povrchových vod v zemědělských oblastech. Na základě těchto rešersí byly vyvozeny závěry, že limitujícím prvkem eutrofizace ve středoevropských podmínkách je fosfor. Sloučeniny fosforu pocházejí především z komunálních odpadních vod. Jedná se o bodový zdroj znečištění, který je v povodí Mastníku reprezentován především čistírnami odpadních vod. V roce 2013 je v povodí v provozu šest komunálních čistíren a jejich účinnost při odstraňování fosforu se velmi liší. V případě ČOV Sedlčany dosahuje účinnost čištění v roce 2012 zhruba 95 %, oproti tomu v ČOV Kosova Hora je tato účinnost pouze 75%. Celkový vnos fosforu do recipientu z těchto dvou čistíren byl v roce 2012 přibližně 600 kg. Na eutrofizaci se také podílí sloučeniny dusíku. I ty se do povodí dostávají z čistíren odpadních vod, ale za primární zdroje dusičnanů jsou považovány plošné zdroje. Negativně se uplatňuje především vodní eroze z orných půd, která je považována za největší problém v zemědělských oblastech. Přísun těchto nutričních látek do vodních zdrojů je nadále nutno snižovat. V případě fosforu v povodí Mastníku je snaha vyřešit komunální odpadní vody postavením nových ČOV. V současné době pouze jedna obec, která má více jak 500 obyvatel nedisponuje čistírnou odpadních vod. Touto obcí jsou Počepice. Nedostatečnou kapacitu ČOV je potřeba vyřešit ve Vojkově. V případě Vysokého Chlumce již bylo vydáno stavební povolení a ve druhé polovině roku 2013 začne výstavba nové ČOV, ve které budou čištěny odpadní vody z celé obce. Další investice by byly potřeba do zlepšení účinnosti některých ČOV. Bohužel vzhledem k tomu, že většina z nich byla postavena nebo zrekonstruována v posledních 10 letech, je toto řešení nereálné. Proto je nutné začít u domácností. Řešením by bylo snížení produkce komunálních odpadních vod a především těch, obsahujících větší koncentrace fosforu – odpadní vody z mycích a pracích prostředků. V případě kontaminace povrchových vod sloučeninami dusíku není problémem v České republice množství používaných hnojiv, ale spíše jejich aplikace a stav ploch, na která jsou hnojiva použita. Je potřeba snížit vliv eroze na zemědělské půdě. V případě těchto řešení se nedá počítat s výraznými investicemi do vybudování erozních strží nebo nádrží pro retardaci vody, avšak pouhá organizační opatření, která spočívají v pěstování vhodných druhů plodin či v jejich prostorovém rozmístění, vedou ke snížení vodní eroze.

Ve druhé části práce je popsána metodika, která byla uplatněna během terénních odběrů a zpracování dat. Jsou zde uvedené zdroje dat a postupy hodnocení kvality vody, které bylo provedeno na základě vlastní analýzy povrchové vody a dat poskytnutých státním podnikem Povodí Vltavy. Stěžejní částí diplomové práce je zhodnocení jakosti vod na základě normy ČSN 75 7221. Ta vychází ze zařazení jednotlivých parametrů do jakostní třídy na základě charakteristické hodnoty C90. V tomto případě se jednalo o vyhodnocení dvouletí 2011 – 2012. Charakteristická hodnota je značně ovlivněna rozkolísaností toku, protože Mastník je tok s výraznými rozdíly mezi maximálními a minimálními průtoky. A proto je použito závislostní hodnocení koncentrací na průtocích. Tato analýza je vhodným doplněním hodnocení na základě ČSN 75 7221 a také umožňuje charakterizovat původ kontaminace povrchových vod v daném místě odběrů (plošné a bodové zdroje). Data o průtocích jsou dostupná pouze pro profily vlastního monitoringu a pro profil Radíč, kde je průtok sledován vodoměrnou stanicí ČHMÚ Praha. V případě dostatečně dlouhých časových řad je zhodnocen vývoj a trend v koncentraci jednotlivých prvků. Popsány jsou zde i jednotlivé profily a sledované parametry.

V další části práce je zpracována fyzickogeografická a socioekonomická charakteristika povodí, která je uvedena stručně. Je to z toho důvodu, že v bakalářské práci autora byla tato část podrobně zpracována, a to i s ohledem na vliv jednotlivých prvků krajinné sféry na kvalitu povrchových vod v povodí. V této práci jsou pouze doplněny nové poznatky týkající se především socioekonomické sféry s důrazem na potenciální zatížení vod znečišťujícími látkami. Dále je zde věnováno více prostoru bodovým zdrojům znečištění, a to především čistírnám odpadních vod. Bohužel někteří provozovatelé těchto objektů odmítli poskytnout informace pro účely této práce.

Hodnocení jakosti vod bylo rozděleno na více částí. V první části je zpracován vlastní monitoring. Z šesti odběrových profilů byla analyzována kvalita vod pomocí 17 ukazatelů. Některé ukazatele neměly na celkové hodnocení kvality toku vliv, tudíž nebylo nutné je zjišťovat. Avšak v případě znečištění toku látkami, které v základním chemickém rozboru nebyly analyzovány, by se toto znečištění mohlo odrazit. V druhé části byla vyhodnocena data poskytnutá PVL. Celkem se jednalo o 7 profilů, ze kterých pouze 3 jsou sledované kontinuálně. Proto při celkovém hodnocení byly brány v potaz pouze tyto profily a ostatní sloužily pouze jako doplňkové pro celkové zhodnocení kvality vody v povodí. Jednotlivé profily se také liší v rozsahu sledovaných parametrů, a proto pouze profil Radíč splňuje minimální požadavky pro kontrolu jakosti vody. Je tedy otázkou, jak by se na ostatních profilech v hodnocení celkové jakosti vody projevíly ukazatele jako chlorofyl, podle něhož je právě profil Radíč zařazen do IV. jakostní třídy. Do této třídy byl také zařazen Sedlecký potok od profilu Měšetice

až po soutok s Mastníkem. Na základě těchto informací byl i Mastník po svém největším levostranném přítoku zařazen do IV. třídy. Tato třída nemusí odpovídat celé této části toku, protože hodnocení nezohledňuje změny jakosti vody v podélném profilu, samočisticí schopnosti toku a skokové změny způsobené vypouštěním odpadních vod nebo přítoky. Křečovický potok byl na základě státního monitoringu zařazen do III. třídy jakosti a horní tok Mastníku spadá také do této třídy. Výjimku tvoří krátký úsek od pramene, který je nejčistší částí v povodí.

Největším problémem v povodí jsou organické látky, dusičnany, fosfor, železo a chlorofyl. V případě závislostního hodnocení je patrný podíl plošných i bodových zdrojů znečištění. V případě dusičnanů je na všech takto vyhodnocených profilech jasný vliv plošných zdrojů a v případě fosforu naopak bodových zdrojů znečištění. U organických látek není závislost na průtocích natolik průkazná, aby se z ní daly vyvozovat přesné závěry, avšak je patrná mírná převaha bodových zdrojů znečištění. Nevýrazná závislost je nejspíše způsobena vzdáleností profilů od výrazných bodových zdrojů znečištění. Pro hodnocení trendů a dlouhodobé koncentrace vybraných parametrů je využito osmnáctileté datové řady na profilu Kosova Hora a sedmnáctileté datové řady z profilu Radíč. Ve všech sledovaných ukazatelích je patrný trend mírného poklesu nebo stagnace. Výjimkou jsou koncentrace chlorofylu, kdy je z lineární spojnice trendu patrný nárůst koncentrací v profilu Radíč. Tento trend je spojen s růstem průměrných teplot vody, protože od roku 1996 se zde průměrná teplota vody zvýšila o 1,4 °C. Koncentrace chlorofylu odráží výskyt rostlin, řas a sinic, jejichž rozvoj je vyjma zvýšených teplot limitován také nutrienty. Ke snížení koncentrace chlorofylu je tedy nutné nadále snižovat vstupy fosforu a dusíku do recipientu. Oproti současnému monitoringu jakosti vody v tocích by stálo za zvážení, zda by bylo možné měřit na dlouhodobě sledovaných profilech rovněž koncentrace chlorofylu. Dále stojí za úvahu zavedení trvalého měrného profilu na dolním toku Sedleckého potoka, protože tento tok se jeví jako nejhorší ze všech hodnocených úseků v povodí.

Dalším cílem práce bylo zhodnocení vlivu povodí Mastníku na kvalitu vody ve vodní nádrži Slapy, která se v letních měsících často potýká s problémem eutrofizace. Pro tato hodnocení byla využita data z profilů ležících v okolí vyústění dlouhé úzké zátoky Mastníku do nádrže, která byla porovnána s informacemi o jakosti vod z profilu v zátoce Mastníku. Zátoka Mastníku v této práci není brána jako součást vodní nádrže, ale jako součást samotného toku. Oba profily na Slapské nádrži patří do II. třídy jakosti a rozdíl v koncentracích sledovaných parametrů během sledovaného období je minimální. To samé platí i při srovnání s profilem na Mastníku. Výjimkou jsou pouze průměrné teploty a koncentrace chlorofylu, které jsou mnohem vyšší a řadí tento profil do III. jakostní třídy. Tento fakt se však na profilu Živohošť nijak neprojevuje.

To vypovídá o zanedbatelném vlivu Mastníku a převaze interního vývoje jakosti vody v nádrži. Při širokém ústí Mastníku dochází pouze k malému promíchávání vodních mas, a to vlivem nízké rychlosti proudění, vzhledem k 4 km délce vzdutí hladiny proti proudu toku. V létě, při normální hydrologické situaci funguje vodní masa Slapské přehrady jako „hráz“, která eutrofizované vody Mastníku zadrží v jeho zátocce. Zde pak během léta probíhá intenzivní rozvoj eutrofizace (viz obr. 4). V případě mimořádné srážkovo-odtokové situace dochází k většímu promíchání vod Mastníku s Vltavou, avšak vzhledem k objemu vodní masy ve Slapské nádrži ani tento jev nezpůsobuje nárůst v dlouhodobé koncentraci látek na profilu Živohošť. Mastník tedy ovlivňuje Slapskou nádrž jen epizodicky a krátkodobě. Ve výsledku jsou větším problémem pro Slapskou nádrž vysoké průměrné teploty v letních měsících a delší doba zadržení vod. Příkladem může být rok 2009, kdy průměrné teploty vody v srpnu na profilu Kobylníky dosahovaly 24°C a koncentrace chlorofylu byla 33 ug/l. I malý vliv Mastníku na celkovou jakost vody ve Slapské nádrži může nevratně narušit ekologickou stabilitu vodního ekosystému, a proto je potřeba i takovýmto tokům věnovat náležitou pozornost.

## 8. Závěr

Na základě analýzy jakosti povrchových vod lze povodí Mastníku členit do třech oblastí. Nejvyšší kvality dosahuje samotný tok Mastník na svém pramenném úseku po profil Dolní Nové Dvory. Tento úsek dle normy ČSN 75 7221 patří do II. třídy, což označuje mírně znečištěnou vodu. Další část Mastníku již spadá do třídy III. Potvrzují to i výsledky z profilů Strašík, Kosova Hora a Sedlčany. Do III. jakostní třídy je zařazen také Křečovický potok. Nejnižší kvalita vod byla zjištěna na Sedleckém potoce. Profil Měšetice řadí úsek toku od soutoku Sedleckého potoka s Prčickým potokem do III. třídy, ale další část toku je označena za třídu IV, tedy silně znečištěnou vodu. Tyto výsledky potvrzuje i předchozí monitoring státní sítě. Stejnou třídou je také hodnocen úsek Mastníku od přítoku Sedleckého potoka. Jakost této části toku je hodnocena na základě profilu Radíč, kde IV. jakostní třídy dosahuje pouze parametr chlorofyl. Zařazen do IV. třídy je tento profil i přesto, že ve sledovaném období mají veškeré sledované parametry klesající tendenci. Výjimkou je růst průměrné teploty vody především v letním období a s tím spojený rozvoj řas a sinic, vedoucí k růstu koncentrací chlorofylu. Voda v povodí Mastníku tedy dosahuje nízké kvality a na svém závěrovém profilu je zařazena do IV. třídy. Jediným pozitivem je dostatek rozpuštěného kyslíku v tocích. Na všech sledovaných profilech byl tento parametr zařazen do I. nebo II. jakostní třídy.

Výsledky závislostního hodnocení potvrdily obecné předpoklady. Na všech sledovaných profilech v povodí je přímá závislost koncentrací dusičnanů na průtocích a patrná je také nepřímá závislost fosforečnanů. Oproti tomu nepřímá závislost  $BSK_5$  a ostatních ukazatelů organických látek je na některých profilech jen nepatrná. To je dáno vzdáleností profilů od nejbližších bodových zdrojů znečištění. V případě povodí Mastníku se jedná o čistírny odpadních vod. Dalšími zdroji odpadních vod jsou venkovská sídla. V těchto obcích neexistuje stoková síť a odpadní voda je často vypouštěna přímo do vodních zdrojů nebo je uchovávána v jímacích nádržích, které nevyhovují hygienickým požadavkům. Vzhledem k relativně vysokému počtu takovýchto sídel v povodí je produkované difúzní znečištění vod značné. Mezi difúzní zdroje patří také chovné rybníky, které vlivem převládající ekonomické činnosti na místo funkce ekologické zhoršují jakost vod. Významným zdrojem znečištění v povodí je také zemědělství, kde vlivem nevhodných agrotechnických opatření a nedostatečné protierozní ochrany dochází k velkým ztrátám látek z orné půdy a odnosu do recipientu. Převládající látky, které jsou odnášeny z orné půdy, jsou dusičnany.

Dalším problémem je zvýšená eutrofizace v dlouhé zátoce Mastníku před ústím do Vltavy. Vzhledem ke vzduť hladině vodního díla Slapy je zde značně snížena rychlost proudění a během letních měsíců dochází k rozvoji řas a sinic. Koncentrace chlorofylu



v zátoce má rostoucí tendenci a to i přesto, že celkový přísun fosforu se snižuje. Tento růst je spojen se změnami klimatu, především tedy s růstem teplot. Dlouhodobý vliv Mastníku na koncentraci sledovaných látek v proudním úseku nádrže nebyl prokázán.

Na základě těchto poznatků by bylo vhodné provést v povodí Mastníku další opatření nebo striktněji dodržovat současná nařízení pro zlepšení jakosti vody v tocích. Ač na první pohled je systém čištění v povodí dobře řešen, stále je zde několik nedostatků v účinnosti některých čistíren. Je potřeba dokončit výstavbu čistíren v obcích nad 500 obyvatel, kde současná ČOV nevyhovují momentálním požadavkům a určitě by bylo vhodné s výstavbami ČOV pokračovat i v menších obcích. Za příklad by mohla sloužit obec Příčovy s necelými 300 obyvateli, kde výstavba čistírny a kanalizace momentálně probíhá. Dále je potřeba se zaměřit na sanaci odpadních vod z menších sídel. Vhodným řešením je zachytávání vod v jímacích zařízeních a poté svážet do spádových ČOV s dostatečnou kapacitou. Další návrhy opatření se týkají zemědělství. U bodových zdrojů znečištění spojených s živočišnou výrobou jsou účinná řešení velmi složitá, protože v povodí převažují malochovy. Je nutné zabránit nekontrolovaným únikům močůvky, kejdy a odpadních vod ze špatně zajištěných hnojišť do vodních toků. V případě plošných zdrojů se musí omezit vodní eroze a tím zabránit splachům hnojiv, pesticidů a živin do recipientu. Návrhy řešení jsou uvedeny v kapitole 3.3. Nezanedbatelným zdrojem znečištění jsou chovné rybníky, ve kterých je uměle zvyšována produkce kvůli ekonomickým ziskům. Komplexním opatřením je provedení revitalizace některých úseků vodních toků a nádrží v povodí, které by vedlo k obnovení ekologických funkcí.

Současný monitoring jakosti vodních toků by potřeboval doplnit minimálně o jeden profil státní sítě. Ten by byl umístěn na dolní tok Sedleckého potoka, pod ústí Libíňského potoka u obce Rudolec. Tento profil by mohl být považován za závěrový profil povodí Sedleckého potoka a hodnotil by tak kvalitu vod před soutokem s Mastníkem. Dále by bylo vhodné sledovat koncentraci chlorofylu na všech profilech.

Je nutné si uvědomit, že jakákoliv změna v kvalitě vody v povodí vede ke změnám v celém toku a jeho okolí. Nejvýraznějším problémem do budoucna budou změny klimatu. Rostoucí teploty a změny ve srážkových úhrnech budou mít za následek zhoršování kvality vod. Celé životní prostředí je vzájemně propojený celek, a proto nejen vodní ekosystémy by měli být studovány a hodnoceny komplexně.

## 9. Literatura

### 9.1. Tištěné zdroje

- 1) AARON, J.J., GUIGANDS, R.S., SCRIBE, P., BARCELO, D. (2005): *A comparison of the environmental impacts of pesticide multiresidues and their occurrence in river water surveyed by liquid chromatography coupled in tandem with UV diode array detection and mass spectrometry*. Chemosphere, č. 55, s. 973 – 981.
- 2) BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): *Geomorfologické členění reliéfu Čech*. Kartografie, Praha, 79 s.
- 3) BALEJOVÁ, M., SOUKUPOVÁ, K. (2012): *Zpráva o hodnocení jakosti povrchových vod v dílčím povodí Dolní Vltavy za období 2010-2011*. PVL, sp, Praha. 83 s.
- 4) BAOQING, S., CHENGQING, Y., GUIBAO, L. (2001): *Transport and retention of phosphorus pollutants in the landscape with a traditional, multipond system*: Environment Monitoring Assessment Research Center, Ministry of Water Resource, Beijing. 20 s.
- 5) BOAQUING, S., YIN, CH., LI, G. (2002): *Transport and retention of phosphorus pollutant in the landscape with traditional, multipond system*. Water, Air and Soil pollution, 2002, č. 139. s.15-34
- 6) CULEK, M. (ed.). (1996): *Biogeografické členění České republiky*. Enigma, Praha. 347 s.
- 7) ČSN 75 7220 (1998): *Jakost vod. Kontrola jakosti povrchových vod*. Český normalizační institut, Praha, 12 s.
- 8) ČSN 75 7221 (1998): *Jakost vod. Klasifikace jakosti povrchových vod*. Český normalizační institut, Praha, 12 s.
- 9) DEMEK, J., MACKOVČIN, P. a kol. (2006): *Zeměpisný lexikon ČR – Hory a nížiny*. AOPK ČR, Brno, 582 s.
- 10) DESORTOVÁ, B. (2000) *Úroveň eutrofizace povrchových vod v povodí Labe*. Eutrofizace 2000, Praha, s. 20-23.
- 11) DODDS, W.K. (2007): *Trophic state, eutrophication and nutrient criteria in streams*. Trends in Ecology and Evolution, roč. 22, č. 12, s. 669-676.
- 12) DOSTÁL, T., KRÁSA, V., VÁŠKA, J., VRÁNA, K. (2002) *Mapa erozního ohrožení půd a transport sedimentu v České republice*. Vodní hospodářství, 2002, č. 2, 46 s.
- 13) DURAS, J., POTUŽÁK, J. (2012): *Látková bilance fosforu v produkčních a rekreačních rybnících*. Vodní hospodářství, 2012, č. 62, s. 210-216.

- 14) FERENČÍK, M., a kol. (2012): *Stanovení pesticidů jejich metabolitů a farmaceutických látek ve vodách a sedimentech pomocí LC-MS/MS*. Hydrochémia 2012. Bratislava, s. 56-64.
- 15) FLEEEGER, J.W., CARMAN, K.R., NISBET, R.M. (2003): *Indirect effects of contaminants in aquatic ecosystems*. The Science of the Total Environment, 2003, č. 317, s. 207-233.
- 16) FOLLER, J. (2012): *Snižování odtokových koncentrací fosforu v boji proti eutrofizaci toků je i u malých ČOV akceptovatelným, snadno a jednoduše řešitelným požadavkem*. Vodní nádrže 2012, Brno, s. 63-67.
- 17) FRAJER, V. (1980): *Nebezpečí potenciálního znečištění životního prostředí chovem skotu a prasat*. Rigorózní práce. PřF UK, Praha.
- 18) GOWAN, S., BRITTON, G., HAWORTH, E., MOSS, B. (1999): *Ancient blue-green blooms*. Limnology and oceanography, 1999, č. 44, s. 436-439.
- 19) HETEŠA, J., KOČKOVÁ, E. (1997) *Hydrochemie*. Skriptum MZLU, Brno, 106 s.
- 20) HOLUB, F. a kol. (1997): *The Central Bohemian Plutonic Komplex. Geology, chemical composition and genetic interpretation*. Sborník geol.věd, Praha, s. 27-50 s.
- 21) CHALUPOVÁ, D. (2011): *Chemismus vody a sedimentů fluválních jezer Labe*. Disertační práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 272 s.
- 22) JANSKÝ, B. (1982): *Vliv plošných zdrojů látek na kvalitu povrchových vod v českém povodí Labe*. Disertační práce. PřF UK, Praha.
- 23) JANSKÝ, B. (1983): *Bedetung der Frachten aus diffusen Quellen fur die Qualitat der Oberflachengewasser im tschechischen Einzugsgebiet der Elbe (Labe)*. Acta Universitatis Carolinae – Geographica, roč. XVII, č. 2, Praha, s. 3-25.
- 24) JANSKÝ, B., JUDOVÁ, P. (2005): *Kvalita povrchových vod v povodí řeky Šlapanky: Modelová situace českého venkova*. Geografie-Sborník ČGS, 110, č. 1, s. 1-13
- 25) JANSKÝ, B., PIVOKONSKÝ, M. (2001): *Vývoj jakosti povrchových vod v povodí Cidliny*. Geografie-Sborník ČGS, 106, č. 2, s. 74-93
- 26) KELLY, M.G., WHITTON, B.A. (1998): *Biological monitoring of eutrophication in rivers*. Hydrobiologia, 1998, č. 384, s. 55-67.
- 27) KOČÍ, V., BURKHARD, J., MARŠALEK, B. (2000): *Eutrofizace na přelomu tisíciletí*. Eutrofizace 2000, Praha, s. 3-13.
- 28) KVÍTEK, T., DOLEŽAL, F. (2003): *Vodní režim povodí Kopaninského potoka na Českomoravské vrchovině*. ACTA Hydrologica Slovaca. 2003, č. 2, s. 183-192.

- 29) KVÍTEK, T., TIPPL, R. (2003): *Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině*. Zemědělské informace, Praha, 2003, č.10, 48 s.
- 30) LANGHAMMER, J., KLIMENT, Z. (2006): *Změna kvality vody v zemědělských oblastech Česka*. Geografie-Sborník ČGS, 111, č. 2, s. 168-184
- 31) LELLÁK, J., KUBÍČEK, F. (1992) *Hydrobiologie*, Karolinum, Praha, 256 s.
- 32) MALÍČEK, J., HLAVÁČKOVÁ, Š. (2007): *Přírodní zajímavosti Sedlčanska*. Pelhřimov, 103 s.
- 33) MÍCHAL. (1994): *Ekologická stabilita*. Veronica, Brno, 275 s.
- 34) MRKVA, L. (2011): *Analýza jakosti povrchových vod v povodí Mastníku*. Bakalářská práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie PŘF UK, Praha, 80 s.
- 35) NETOPILOV, R. a kol. (1984): *Fyzická geografie I*. SPN, Praha, 273 s.
- 36) NĚMEC, J., Hladný, J. (2006): *Voda v České republice*. Consult, Praha, 256 s.
- 37) NĚMEC, J. a kol. (2012): *Rybníky v České republice*. Consult, Praha, 304 s.
- 38) PECHAR, L., (2006): *Procesy eutrofizace mělkých vod – studie rybníčních ekosystémů*. Habitační práce, Zemědělská univerzita, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 44 s.
- 39) PITTER, P. (2009): *Hydrochemie*. Vydavatelství VŠCHT Praha, Praha, 592 s.
- 40) PIVOKONSKÝ, M. (1999): *Hodnocení kvality vody v povodí Cidliny*. Diplomová práce, PŘFUK, Praha
- 41) PUNČOCHÁŘ, P., DESORTOVÁ, B. (2003): *Informace o stavu trofie našich vodních zdrojů pro veřejnost*. SOVAK, roč. 12, č. 5, s. 1-3.
- 42) RÖDLOVÁ, S. (2002): *Kvalita vody v Pyšelském potoce v letech 2001 – 2002 vzhledem k plánované ČOV a eutrofizaci*. Diplomová práce, PŘF UK, Praha, 114 s.
- 43) ROSENDORF, P., DURAS, J., HEJZLAR, J. (2012): *Jak stanovit kritéria dobrého ekologického potenciálu pro vodní nádrže z pohledu eutrofizace?*. Vodní nádrže 2012, Brno, s. 42-50.
- 44) SCHOVÁNKOVÁ, J., FERENČÍK, M., STOJANOVÁ, S. (2012): *Sledování pesticidů ve vodárenských nádržích a tocích ve správě povodí Labe, statní podnik*. Vodní nádrže 2012, Brno, s. 89-92.
- 45) SLÁDEČKOVÁ, B. (2000): *Eutrofizace vodárenských systémů*. Eutrofizace 2000, Praha, s. 14-19.
- 46) SMITH, V.H., TILMAN, G.D., NEKOLA, J.C. (1999): *Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine and terrestrial ecosystems*. Environmental pollution 100, 1999, s. 179-196.

- 47) SVOBODA, J. (1933): *Metamorfovaný ostrov sedlčansko-krásohorský*. Archiv pro přírodovědecký výzkum Čech, Praha, roč. XVIII., č. 4.
- 48) SVOBODOVÁ a kol. (1987): *Toxikologie vodních živočichů*. MZVŽ ČSR a ČRS, Praha, 232 s.
- 49) SÝKORA, L., HANÁK, R., DURAS, J. (2012): *Snížení eutrofizace v povodí VN Slezská harta*. Vodní nádrže 2012, Brno, s. 93-97.
- 50) ŠTĚPÁNEK, M., ČERVENKA, R. (1974): *Problémy eutrofizace v praxi*. Avicenum, Praha, 232 s.
- 51) TOLASZ, R. (2007): *Atlas podnebí Česka*. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 255 s.
- 52) TOMÁŠEK, M. (2003): *Půdy České Republiky*. České geologická služba, Praha, 67 s.
- 53) TUREKIAN, K.K., WEDEPOHL, K.H. (1961): *Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust*. Geol. Soc. Am. Bull., vol. 72, s. 175-192.
- 54) Metodika ÚŽP UK (2011): *Pracovní materiály Laboratoře ochrany vod*. ÚŽP PřF UK, Praha.
- 55) VLČEK, V. a kol. (1984): *Vodní toky a nádrže*. Academia, Praha, 316 s.

## 9.2. Elektronické zdroje

- 56) BAUDIŠOVÁ, D. (1998): *Koliformní bakterie*. [online] [cit. 2013-08-06]. Dostupné z: <<http://www.mzp.cz/ris/ais-ris-info-copy.nsf/6d13b004071d0140c12569e700154acb/59c2db2383e078ac802567f000308e79?OpenDocument>>
- 57) BENEŠOVÁ, L. (2009): *Ochrana vod* [prezentace PowerPoint]. Praha, Elektronické přednášky z předmětu Ochrana vod vyučované v ÚŽP PřF UK.
- 58) FGG Elbe. (2001): *Die Wassergüte der Elbe im Jahre 2001*. [online] [cit. 2013-20-06]. Dostupné z: <[http://www.fgg-elbe.de/tl\\_fgg\\_neu/veroeffentlichungen.html?file=tl\\_files/Downloads/-Dokumente/ARGE\\_09/Gewaessergueteberichte/01Kurz.pdf](http://www.fgg-elbe.de/tl_fgg_neu/veroeffentlichungen.html?file=tl_files/Downloads/-Dokumente/ARGE_09/Gewaessergueteberichte/01Kurz.pdf)>
- 59) HEJZLAR, J., KOPÁČEK, J., PROCHÁZKOVÁ, L., KOMÁRKOVÁ, J.(2000): *Eutrophication trends in the Vltava catchment area, Czech republic*. International Conference on Environmental Impact Assessment Prague 2000 [online] [cit. 2013-08-06]. Dostupné z: <[http://www.umad.de/infos/iuappa/pdf/B\\_31.pdf](http://www.umad.de/infos/iuappa/pdf/B_31.pdf) >
- 60) LANGHAMMER, J. (2009): *Kvalita povrchových vod a jejich ochrana*, 225 s. [online] Dostupné z: <<http://www.natur.cuni.cz/~langhamr/>>
- 61) LANGHAMMER, J. (2012) *Kvalita povrchových vod*, Praha, Elektronické přednášky z předmětu Kvalita povrchových vod vyučované na PřF UK.

- 62) Nádrže a jakost vody (PVL 2013): [online] [cit. 2013-08-06]. Dostupné z: <[http://www.pvl.cz/portal/jvn/cz/popis\\_cz.htm#3d](http://www.pvl.cz/portal/jvn/cz/popis_cz.htm#3d)>
- 63) *Nářízení vlády č. 61/2003 Sb.* (2003): [online] [cit. 2013-20-06]. Dostupné z: <[http://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/Dokumenty/Legislativa/EU/SR\\_CD\\_08-105.pdf](http://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/Dokumenty/Legislativa/EU/SR_CD_08-105.pdf)>
- 64) POVODÍ VLTAVY, s.p. (PVL 2010): *Plán oblasti povodí Dolní Vltavy*. [online] [cit. 2013-12-05]. Dostupné z: <<http://www5.pvl.cz/portal/hydroprojekt/VD/index.html>>
- 65) POVODÍ VLTAVY, s.p. (PVL). *VD Slapy*. [online] [cit. 2013-12-05]. Dostupné z: <<http://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/slapy.pdf>>
- 66) *Směrnice Evropského parlamentu a rady 2008/105/ES*. [online] [cit. 2013-22-06]. Dostupné z: <<http://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/VyhodnoceniJakostiPOV/dokumenty/texty.htm>>
- 67) VAŠKŮ, Z. *Půdy středních Čech*. [online] [cit. 2013-08-06]. Dostupné z: <<http://priroda.kr-stredocesky.cz/article.asp?id=25>>

### 9.3. Datové a mapové zdroje

- 68) CORINE LAND COVER 2006. [online] [cit. 2011-06-02]. Dostupné z <<http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>>
- 69) ČHMÚ – úsek hydrologie, oddělení hydrofondu a bilancí. Průtoky na profilu Radič (měsíční průměry 1986 – 1995, denní průměry za období 1995-2012)
- 70) ČHMÚ – úsek meteorologie a klimatologie. Průměrné denní srážky a teploty na stanici Rudolec (leden 2011 – květen 2013)
- 71) DIGITÁLNÍ DATABÁZE ARCČR 2.0 [datové soubory, DVD]. Praha: ARCDATA PRAHA, s.r.o., c2007.
- 72) Google Earth. [online] [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <<http://www.google.com/earth/index.html>>
- 73) HEIS VÚV, Mapy a data. [online] [cit. 2011-05-02]. Dostupné z: <<http://heis.vuv.cz/default.asp?typ=96&oblast=zvmrn>>
- 74) Charakteristiky toků. [online] [cit. 2011-05-02]. Dostupné z: <<http://www.dibavod.cz/24/charakteristiky-toku-a-povodi-cr.html>>
- 75) Povodí Vltavy, s.p. Výsledky monitoringu jakosti povrchových vod v požadovaných ukazatelích a profilech na toku Mastník a na Slapské přehradě
- 76) Státní rostlinolékařská správa, Česká Republika (SRLS ČR), *Spotřeba přípravků na ochranu rostlin*. [online] [cit. 2013-05-06]. Dostupné z:

<<http://eagri.cz/public/web/srs/portal/pripravky-na-or/spotreba-pripravku-na-or/spotreba-v-jednotlivych-letech/>>

77) VÚV TGM, Oddělení geografických informačních systému kartografie,

78) Základní vodohospodářská mapa ČR 1:50 000, listy: 12-44 Týnec nad Sázavou, 22-22 Sedlčany. Český úřad zeměměřičský a katastrální, Praha, 1995

## 10. Přílohy

Příloha 1: Mezní hodnoty tříd jakosti vod vybraných ukazatelů

Ukazatel	Měrná jednotka	Třída				
		I	II	III	IV	V
k	mS/m	< 40	< 70	< 110	< 160	≥ 160
rozpuštěný O <sub>2</sub>	mg/l	> 7,5	> 6,5	> 5	> 3	≤ 3
BSK <sub>5</sub>	mg/l	< 2	< 4	< 8	< 15	≥ 15
CHSK <sub>Mn</sub>	mg/l	< 6	< 9	< 14	< 20	≥ 20
CHSK <sub>Cr</sub>	mg/l	< 15	< 25	< 45	< 60	≥ 60
TOC	mg/l	< 7	< 10	< 16	< 20	≥ 20
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	< 0,3	< 0,7	< 2	< 4	≥ 4
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	< 3	< 6	< 10	< 13	≥ 13
P <sub>C</sub>	mg/l	< 0,05	< 0,15	< 0,4	< 1	≥ 1
Cl <sup>-</sup>	mg/l	< 100	< 200	< 300	< 450	≥ 450
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	< 80	< 150	< 250	< 400	≥ 400
Mn	mg/l	< 0,1	< 0,3	< 0,5	< 0,8	≥ 0,8
Fe	mg/l	< 0,5	< 1	< 2	< 3	≥ 3
Ca	mg/l	< 150	< 200	< 300	< 400	≥ 400
Mg	mg/l	< 50	< 100	< 200	< 300	≥ 300
FKOLI	KTJ/ml	< 40	< 100	< 500	< 1000	≥ 1000
INDBENT		< 1,5	< 2,2	< 3,0	< 3,5	≥ 3,5
chlorofyl	ug/l	< 10	< 25	< 50	< 100	≥ 100

Zdroj: ČSN 75 7221

Příloha 2: Seznam vodních nádrží v povodí

Název nádrže	Vodní tok	Celkový objem (tis.m <sup>3</sup> )	Retenční objem (tis.m <sup>3</sup> )	Plocha (ha)
Prostřednolhotský r.	Radíč	40	20,00	2,90
Lhotský	Mastník	30	14,00	2,50
Ješetický Pílský r.	Mastník	30	17,50	6,20
Novoměstský r.	bezejmenný	14	7,50	1,20
Pílník	Smilkovský p.	31	15,00	2,40
Drahnovský r.	Smilkovský p.	49	20,50	4,00
Podskalský r.	Smilkovský p.	26	11,00	1,70
Zámecký r.	Mastník	6	6,50	1,30
Velký Mastník	Mastník	60	30,00	8,70
Cihelský r.	Chrastava	17	8,50	1,80
Vrchotický velký r.	Prčický p.	128	49,00	8,90
Vrchotický prostřední r	Prčický p.	25	12,50	3,20

(pokračování)



Název nádrže	Vodní tok	Celkový objem (tis.m <sup>3</sup> )	Retenční objem (tis.m <sup>3</sup> )	Plocha (ha)
Zámecký r.	Záběhlický p.	25	12,50	2,30
Jezerský r.	Prčický p.	12	6,50	1,20
Kamenný r.	Steblenecký p.	25	12,50	2,50
Stráň	Steblenecký p.	14	7,00	1,20
Velký Steblenecký	Steblenecký p.	20	10,00	2,50
Velký r.	Novodvorský p.	35	12,50	2,10
Dlouhý r.	Sedlecký p.	30	14,50	5,40
Plužinec	bezejmenný	50	33,50	6,70
Zámecký r.	boční - Slabá	28	15,00	3,20
Velký rovinský r.	Rovinský p.	147	50,00	9,60
Trkovský r.	Slabá	30	15,00	3,40
Jezírko	bezejmenný	12	12,50	2,80
Libíňský r.	Libíňský p.	25	12,50	2,10
Vápenický r.	Chlumecký p.	60	33,00	7,30
Olešný	bezejmenný	56	27,00	5,60
Sedlčany	Sedlecký p.	525	101,50	19,30
Silniční r.	Křečovický p.	30	12,50	2,80
Macháčovský r.	bezejmenný	55	17,50	4,20
Políčí	bezejmenný	50	25,00	4,50
Jelito	bezejmenný	154	54,50	11,20
Klobása	bezejmenný	25	12,50	1,30
Hájek	Křečovický p.	37	14,00	2,50
Jámský r.	Křečovický p.	48	23,80	4,40
Chlumecký r.	Křečovický p.	22	13,00	2,90
Dvojník	bezejmenný	20	10,00	0,40
Lišník	Křečovický p.	55	19,00	2,70
Starý	Vlkonický p.	25	12,50	1,20
Velký sedlečský r.	Vlkonický p.	2610	100,00	19,40
Strážovický r.	Vlkonický p.	25	12,50	2,60
Hořetický r.	Vlkonický p.	35	17,50	3,10
Jeptiška	Vlkonický p.	28	14,00	3,00

Zdroj: PVL

### Příloha 3: Pravděpodobnost překročení průtoku

Pořadí	Rok	Qr [m³/s]	p [%]	Pst. Překročení [P]	
1	2002	3,00	241,25	2,38	MV
2	2003	2,84	228,28	5,78	MV
3	1987	2,02	162,35	9,18	MV
4	1996	1,69	135,96	12,59	V
5	2006	1,69	135,67	15,99	V
6	2010	1,55	124,61	19,39	V
7	2005	1,47	118,12	22,79	V
8	1988	1,45	116,69	26,19	V
9	1986	1,43	115,22	29,59	V
10	1997	1,34	107,75	32,99	V
11	1994	1,33	107,13	36,39	V
12	1995	1,31	105,84	39,80	V
13	2011	1,31	105,80	43,20	P
14	1992	1,26	101,64	46,60	P
15	2000	1,12	90,51	50,00	P
16	2004	1,06	85,25	53,40	P
17	2009	1,06	85,10	56,80	P
18	1999	1,03	83,03	60,20	S
19	1991	0,92	73,79	63,61	S
20	1985	0,89	71,44	67,01	S
21	1984	0,84	67,96	70,41	S
22	2001	0,83	66,81	73,81	S
23	1989	0,75	60,43	77,21	S
24	2008	0,75	60,16	80,61	S
25	2012	0,73	59,04	84,01	S
26	1993	0,70	56,05	87,41	S
27	1990	0,68	54,88	90,82	MS
28	1998	0,57	46,20	94,22	MS
29	2007	0,41	33,11	97,62	MS

Zdroj: ČHMÚ

Příloha 4: Velikost průtoků a jejich podíl na odtoku (vlastní měření)

	Dolní Nové Dvory		Strašík		Měšetice		Rudolec		Dubliny	
	průtok	podíl na odtoku (%)	průtok	podíl na odtoku (%)	průtok	podíl na odtoku (%)	průtok	podíl na odtoku (%)	průtok	podíl na odtoku (%)
duben	0,013	14,5	0,052	10,6	0,080	12,0	0,223	15,1	0,075	17,0
květen	0,006	7,4	0,020	4,1	0,030	4,5	0,074	5,0	0,036	8,1
červen	0,005	5,4	0,014	2,9	0,015	2,2	0,016	1,1	0,011	2,6
červenec	0,004	4,2	0,025	5,0	0,011	1,6	0,013	0,9	0,010	2,3
srpen	0,004	4,8	0,022	4,4	0,007	1,1	0,008	0,5	0,010	2,2
září	0,004	5,0	0,020	4,0	0,008	1,3	0,029	1,9	0,015	3,4
říjen	0,005	5,7	0,017	3,5	0,029	4,3	0,039	2,7	0,058	13,2
listopad	0,007	7,5	0,041	8,2	0,073	11,0	0,224	15,2	0,023	5,2
prosinec	0,007	7,7	0,020	4,0	0,029	4,3	0,057	3,9	0,017	3,9
leden	0,013	14,7	0,099	20,0	0,112	16,8	0,236	16,0	0,056	12,8
únor	0,011	12,0	0,105	21,3	0,098	14,6	0,242	16,4	0,052	11,9
březen	0,010	11,1	0,059	12,0	0,175	26,3	0,315	21,4	0,076	17,4

Zdroj: vlastní měření

Příloha 5: Největší průmysloví producenti odpadních vod v povodí v roce 2004

Obec	Název producenta	Charakter výroby	Množ. OV (m <sup>3</sup> /den)	BSK <sub>5</sub> (kg/den)	CHSK <sub>Cr</sub> (kg/den)	N - NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (kg/den)	P - celk. (kg/den)
Kosova Hora	Lesy V. Chlumec - sklad	-	2,44	0,96	1,76	0,08	0,032
	Elko	-	2	0,8	1,467	0,067	0,027
	JM Lignum	-	1	0,4	0,733	0,033	0,013
	LDP Vltava	Pila	1,25	0,5	0,917	0,042	0,017
Osečany	Pila Osečany *	Zpracov. dřeva	0,5	0,2	0,367	0,017	0,007
	Údržba silnic s.r.o.	Údržba silnic	0,55	0,22	0,403	0,018	0,007
Sedlčany	ZZN v Příbrami	Sklad. obilí+krmné směsi	4,06	1,62	2,97	0,135	0,054
	KDS Sedlčany	Galvanizování+ nožířské zboží	55	21,45	40,7	1,79	0,716
	Stros-Pega-Lift - F *	Stavební stroje	43,1	17,22	31,57	1,435	0,574

(pokračování)

Obec	Název producenta	Charakter výroby	Množ. OV (m <sup>3</sup> /den)	BSK <sub>5</sub> (kg/den)	CHSK <sub>Cr</sub> (kg/den)	N - NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (kg/den)	P - celk. (kg/den)
Sedlčany	Sedlčanská stavební s.r.o.	Stavebnictví	7,74	3,12	5,72	0,26	0,104
	Povltavské mlékárny	Zprac. mléka a výroba sýrů	157,74	363,12	305,72	1,76	2,429
	Kovošrot Praha a.s.	Likvidace šrotu	2,53	1,02	1,87	0,085	0,034
	Hart-Bio	Dřevařská výroba	4,5	1,8	3,3	0,15	0,06
	Pejšův mlýn	Výroba mouky	1,25	0,5	0,917	0,042	0,017
	Zeměděl. tech. - Zetech	Zámeč. činn., obrábění, svář.	3	1,2	2,2	0,1	0,04
Nechvalice	Stimul Praha	strojírenství	1,25	0,5	0,92	0,04	0,02
	Agrona Nechvalice	zemědělství	1,25	0,5	0,92	0,04	0,02
Vysoký Chlumec	Lobkowiczský pivovar *	Výroba piva a sladu	394	668	928	5,9	1,2
	MB KOMPLEX	strojírenství	1,25	0,5	0,92	0,04	0,02

poznámka: \*= likviduje odpadní vody ve vlastní ČOV

Zdroj: Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Středočeského kraje

## Příloha 6: Profil Dolní Nové Dvory

datum odběru	3.4.2012	1.5.2012	30.5.2012	27.6.2012	1.8.2012	12.9.2012	10.10.2012	7.11.2012	5.12.2012	16.1.2013	13.2.2013	6.3.2013	3.4.2013	1.5.2013	6.6.2013	p.stanovení	průměr	medián	C(90)	třída
průtok ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	0,0127	0,0087	0,0048	0,0037	0,0042	0,0044	0,0050	0,0066	0,0068	0,0129	0,0105	0,0098	0,0128	0,0042	*	14	0,01	2,3		
teplota vody ( $^{\circ}\text{C}$ )	10,00	15,00	13,00	12,00	15,00	15,00	5,00	3,00	2,50	0,00	0,00	1,00	0,00	11,00	11,50	15	7,60	2,3		
Ph	7,70	7,39	7,10	8,44	7,40	7,13	7,36	7,13	7,65	7,72	7,58	8,01	6,64	7,06	7,26	15	7,44	2,3		
el. konduktivita ( $\text{mS/m}$ )	22,10	23,00	24,00	26,70	25,80	26,50	26,60	24,10	22,80	21,50	23,00	19,50	20,70	23,10	19,85	15	23,28	2,3	26,60	I
rozpuštěný kyslík ( $\text{mg/l}$ )	10,24	9,54	7,46	16,52	5,24	6,15	9,20	11,90	6,87	14,69	12,83	12,21	12,98	9,91	10,31	15	10,40	1,1	14,70	I
$\text{BSK}_5$ ( $\text{mg/l}$ )	0,98	4,02	1,93	4,32	1,87	1,94	1,46	4,21	0,91	2,78	1,82	1,09	1,40	2,65	1,60	15	2,20	0,9	4,20	II
$\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ ( $\text{mg/l}$ )	5,52	7,76	8,72	6,88	8,64	7,60	7,28	8,16	7,92	8,16	6,32	6,72	6,32	8,16	8,56	15	7,51	0,9	8,50	II
amoniakální dusík ( $\text{mg/l}$ )	0,17	0,61	0,27	0,23	0,30	0,38	0,21	0,29	0,70	0,41	0,11	0,08	0,14	0,04	0,16	15	0,27	0,4	0,60	II
dusičnanový dusík ( $\text{mg/l}$ )	1,53	1,08	1,23	1,60	0,90	1,05	1,10	0,40	0,70	1,78	0,58	1,65	1,78	0,98	0,98	15	1,15	0,9	1,70	I
dusitanový dusík ( $\text{mg/l}$ )	0,02	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,02	15	0,03	0,4	0,05	
fosforečnanový fosfor ( $\text{mg/l}$ )	0,03	0,06	0,07	0,21	0,12	0,09	0,04	0,04	0,06	0,04	0,04	0,05	0,01	0,01	0,04	15	0,06	0,9	0,12	
chloridy ( $\text{mg/l}$ )	9,73	12,76	13,27	16,76	15,44	17,38	18,77	18,25	16,15	7,80	7,80	7,09	13,77	11,79	4,87	15	12,77	1,4	18,25	I
mangan ( $\text{mg/l}$ )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15	0,02	0,9	0,06	I
železo ( $\text{mg/l}$ )	0,09	0,16	0,22	0,07	0,29	0,29	0,28	0,33	1,37	0,07	0,09	0,28	0,14	0,17	0,26	15	0,27	1,4	0,30	I
vápník ( $\text{mg/l}$ )	24,54	30,36	63,07	44,76	30,06	42,08	38,08	27,51	47,11	44,97	37,15	50,83	37,24	31,36	35,28	15	38,96	1,6	51,00	I
acidita ( $\text{mmol/l}$ )	0,68	0,20	0,09	0,18	0,18	0,82	0,18	0,37	0,19	0,38	0,29	0,34	0,19	0,19	0,19	15	0,30	1,4	0,68	
alkalita ( $\text{mmol/l}$ )	2,19	1,68	1,36	1,14	1,46	1,66	1,25	1,35	1,25	1,35	1,04	0,83	0,62	0,62	0,83	15	1,24	1,6	1,70	
tvrdost ( $\text{mmol/l}$ )	1,22	1,16	1,12	1,52	1,25	2,00	1,55	1,27	2,15	1,80	1,80	1,37	1,61	1,52	0,88	15	1,48	1,8	2,00	

Zdroj: vlastní měření

## Příloha 7: Profil Strašík

datum odběru	3.4.2012	1.5.2012	30.5.2012	27.6.2012	1.8.2012	12.9.2012	10.10.2012	7.11.2012	5.12.2012	16.1.2013	13.2.2013	6.3.2013	3.4.2013	1.5.2013	6.6.2013	p.stanovení	průměr	medián	C 90	třída
průtok ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	0,05	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,10	0,11	0,06	0,05	0,02	*	14	0,04	1,9		
teplota vody ( $^{\circ}\text{C}$ )	10,00	15,50	13,00	12,00	15,00	15,00	6,00	3,00	2,50	0,00	1,00	3,00	1,00	11,00	11,00	15	7,93	1,9		
pH	7,62	7,67	7,40	8,45	7,66	7,36	7,49	7,01	7,88	7,53	7,82	8,06	7,04	7,08	7,17	15	7,55	1,9		
el. konduktivita ( $\text{mS/m}$ )	23,10	25,20	26,30	27,70	28,20	27,70	25,20	24,60	24,50	23,00	23,30	22,80	21,60	24,70	20,30	15	24,55	1,9	27,70	I
rozpuštěný kyslík ( $\text{mg/l}$ )	7,92	10,89	8,96	16,46	6,81	7,11	9,55	10,76	12,20	12,20	12,91	11,74	12,44	9,24	9,94	15	10,61	1,4	13,00	I
$\text{BSK}_5$ ( $\text{mg/l}$ )	1,68	5,08	2,92	-	2,15	2,79	0,28	2,51	0,45	2,00	1,48	1,52	1,35	2,15	1,34	14	1,98	1,1	3,00	II
$\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ ( $\text{mg/l}$ )	5,36	10,08	9,20	6,16	9,04	8,12	6,72	7,36	6,48	9,52	4,76	6,16	8,88	8,48	7,28	15	7,57	1,1	9,50	III
amoniakální dusík ( $\text{mg/l}$ )	0,18	0,39	0,28	0,10	0,24	0,30	0,19	0,20	0,31	0,99	0,10	0,10	0,07	0,08	0,11	15	0,24	1,0	0,40	II
dusičnanový dusík ( $\text{mg/l}$ )	1,53	1,15	0,90	0,78	0,53	0,83	0,67	0,80	0,78	1,75	1,78	1,80	1,70	0,60	0,90	15	1,10	0,9	1,80	I
dusitanový dusík ( $\text{mg/l}$ )	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03	0,02	0,06	0,02	0,01	0,02	0,04	0,02	15	0,03	0,6	0,05	
fosforečnanový fosfor ( $\text{mg/l}$ )	0,04	0,29	0,04	0,14	0,25	0,73	0,07	0,07	0,04	0,01	0,04	0,05	0,01	0,01	0,04	15	0,12	0,9	0,30	
chloridy ( $\text{mg/l}$ )	11,82	17,73	14,67	17,46	11,23	27,80	15,29	21,06	18,25	10,64	10,64	9,93	10,33	17,34	6,26	15	14,69	1,2	21,00	I
mangan ( $\text{mg/l}$ )	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00	0,06	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15	0,04	0,9	0,12	II
železo ( $\text{mg/l}$ )	0,16	0,21	0,29	0,12	0,43	0,35	0,29	0,29	0,19	0,12	0,14	0,16	0,10	0,22	0,22	15	0,22	1,2	0,35	I
vápník ( $\text{mg/l}$ )	28,63	36,44	48,83	44,76	24,05	40,08	38,08	29,47	41,22	37,15	29,33	31,28	41,06	31,28	31,28	15	35,53	1,4	45,00	I
acidita ( $\text{mmol/l}$ )	0,58	0,20	0,09	0,27	0,37	0,64	0,37	0,55	0,09	0,57	0,19	0,29	0,19	0,19	0,19	15	0,32	1,2	0,58	
alkalita ( $\text{mmol/l}$ )	1,29	1,47	1,47	1,66	1,87	4,06	1,35	1,35	1,25	1,25	0,83	0,94	0,73	1,25	0,83	15	1,44	1,4	1,90	
tvrdost ( $\text{mmol/l}$ )	1,53	1,92	1,37	1,32	1,50	2,60	1,50	1,52	2,25	1,56	1,22	1,41	1,42	1,61	1,71	15	1,63	1,6	2,25	

Zdroj: vlastní měření

# Příloha 8: Profil Měšetice

datum odběru	3.4.2012	1.5.2012	30.5.2012	27.6.2012	1.8.2012	12.9.2012	10.10.2012	7.11.2012	5.12.2012	16.1.2013	13.2.2013	6.3.2013	3.4.2013	1.5.2013	6.6.2013	p.stanovení	průměr	medián	C 90	třída
průtok ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	0,09	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,07	0,03	0,11	0,10	0,18	0,07	0,03	*	14	0,06	2,0		
teplota vody ( $^{\circ}\text{C}$ )	10,50	15,00	14,00	13,00	17,00	16,00	7,00	4,00	1,00	1,00	0,00	3,00	1,00	12,00	11,00	15	8,37	2,0		
Ph	7,73	7,45	7,70	8,11	7,32	7,24	7,32	7,41	7,70	7,76	7,56	7,94	7,16	7,13	7,53	15	7,54	2,0		
el. konduktivita ( $\text{mS/m}$ )	27,00	27,60	35,30	37,70	38,40	38,40	37,10	35,70	37,50	28,40	28,90	27,60	25,70	28,80	22,90	15	31,80	2,0	38,40	I
rozpuštěný kyslík ( $\text{mg/l}$ )	8,05	8,57	5,99	7,13	2,44	3,85	6,56	15,45	9,87	11,77	11,53	12,57	13,61	8,88	9,43	15	9,05	1,0	13,60	I
$\text{BSK}_5$ ( $\text{mg/l}$ )	7,00	5,46	2,36	4,05		3,58	2,24	11,50	3,71	2,61	1,05	2,67	4,17	4,23	2,67	14	4,09	1,0	7,00	III
$\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ ( $\text{mg/l}$ )	9,36	10,40	10,12	8,68	11,84	10,00	8,96	13,80	8,64	9,12	8,08	9,36	9,76	9,60	17,28	15	10,33	1,0	13,80	III
amoniakální dusík ( $\text{mg/l}$ )	0,68	0,48	0,32	0,12	1,15	0,45	1,04	1,05	1,17	0,68	0,27	0,30	0,64	0,50	0,18	15	0,60	0,7	1,15	III
dusičnanový dusík ( $\text{mg/l}$ )	0,78	0,63	0,90	0,60	0,30	0,40	0,54	1,25	1,80	1,40	1,35	1,60	1,30	0,23	0,65	15	0,91	0,8	1,60	I
dusitanový dusík ( $\text{mg/l}$ )	0,05	0,08	0,09	0,09	0,11	0,10	0,08	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,07	0,03	15	0,06	0,3	0,10	
fosforečnanový fosfor ( $\text{mg/l}$ )	0,11	0,49	0,55	0,65	1,03	0,32	0,80	0,34	0,23	0,12	0,10	0,10	0,07	0,14	0,18	15	0,35	0,8	0,80	
chloridy ( $\text{mg/l}$ )	22,24	25,52	28,64	29,34	29,48	34,76	31,97	27,38	42,82	23,40	28,36	19,85	23,40	21,50	14,60	15	26,88	1,2	35,00	I
mangan ( $\text{mg/l}$ )	0,12	0,06	0,12	0,30	0,24	0,18	0,24	0,12	0,24	0,06	0,00	0,12	0,06	0,12	0,06	15	0,14	0,8	0,24	II
železo ( $\text{mg/l}$ )	0,26	0,16	0,33	0,19	0,43	0,38	0,41	0,47	0,33	0,17	0,19	0,19	0,21	0,29	0,33	15	0,29	1,2	0,43	I
vápník ( $\text{mg/l}$ )	40,90	44,53	44,76	48,83	44,09	50,10	50,10	47,15	60,84	50,83	35,19	35,19	49,00	49,00	37,24	15	45,85	1,7	51,00	I
acidita ( $\text{mmol/l}$ )	0,77	0,20	0,37	0,37	0,37	0,82	0,23	0,55	0,18	0,29	0,19	0,29	0,38	0,28	0,19	15	0,37	1,2	0,77	
alkalita ( $\text{mmol/l}$ )	2,49	1,68	2,31	2,29	2,60	3,02	2,91	2,18	2,19	1,25	1,14	1,25	1,87	2,29	0,94	15	2,03	1,7	2,90	
tvrdost ( $\text{mmol/l}$ )	1,17	1,46	1,57	1,57	1,65	4,50	1,90	2,16	2,11	2,20	1,80	1,61	2,35	1,71	0,98	15	1,92	2,2	2,35	

Zdroj: vlastní měření

## Příloha 9: Profil Rudolec

datum odběru	3.4.2012	1.5.2012	30.5.2012	27.6.2012	1.8.2012	12.9.2012	10.10.2012	7.11.2012	5.12.2012	16.1.2013	13.2.2013	6.3.2013	3.4.2013	1.5.2013	6.6.2013	p.stanovení	průměr	medián	C 90	třída
průtok ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	0,21	0,08	0,02	0,01	0,01	0,03	0,04	0,22	0,06	0,24	0,24	0,32	0,23	0,07	*	14	0,13	2,3		
teplota vody ( $^{\circ}\text{C}$ )	8,00	14,00	15,00	13,00	17,00	16,00	7,00	4,00	0,00	0,00	0,00	2,50	2,00	12,00	11,50	15	8,13	2,3		
Ph	7,89	7,71	8,00	7,86	7,43	7,53	7,49	7,51	7,69	7,85	7,60	7,90	7,20	7,29	7,56	15	7,63	2,3		
el. konduktivita ( $\text{mS/m}$ )	31,20	27,80	36,80	37,20	38,80	38,20	33,80	41,50	34,90	29,60	30,20	29,30	27,10	30,60	23,70	15	32,71	2,3	39,00	I
rozpuštěný kyslík ( $\text{mg/l}$ )	7,67	8,13	6,28	7,55	4,76	5,22	8,28	9,94	10,62	13,00	12,18	11,86	13,57	9,46	10,21	15	9,25	1,0	13,00	I
$\text{BSK}_5$ ( $\text{mg/l}$ )	1,95	5,07	2,96	5,20	3,79	4,49	2,86	5,28	0,72	3,12	1,13	2,03	3,97	5,52	4,18	15	3,49	0,9	5,30	III
$\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ ( $\text{mg/l}$ )	8,16	11,92	10,76	11,60	12,24	12,96	9,28	15,68	9,12	9,44	9,44	8,64	8,56	9,44	17,60	15	10,99	0,9	13,00	III
amoniakální dusík ( $\text{mg/l}$ )	0,17	0,32	0,31	0,21	0,27	0,50	0,22	0,43	0,34	0,52	0,12	0,08	0,09	0,07	0,08	15	0,25	0,5	0,50	II
dusičnanový dusík ( $\text{mg/l}$ )	1,00	0,30	0,58	1,00	0,30	0,45	0,35	1,40	1,20	1,48	1,38	1,75	1,30	0,08	0,48	15	0,87	0,7	1,40	I
dusitanový dusík ( $\text{mg/l}$ )	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,09	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,03	15	0,04	0,2	0,05	
fosforečnanový fosfor ( $\text{mg/l}$ )	0,10	0,18	0,76	0,96	1,06	0,62	0,42	0,37	0,19	0,13	0,10	0,11	0,04	0,15	0,16	15	0,36	0,7	0,96	
chloridy ( $\text{mg/l}$ )	25,02	27,65	30,04	30,73	30,19	36,84	28,50	37,91	37,20	25,52	25,52	23,40	28,91	27,04	12,51	15	28,47	1,2	37,20	I
mangan ( $\text{mg/l}$ )	0,12	0,06	0,12	0,49	0,30	0,37	0,00	0,06	0,12	0,06	0,00	0,12	0,06	0,00	0,12	15	0,13	0,7	0,12	II
železo ( $\text{mg/l}$ )	0,26	0,19	0,22	0,14	0,38	0,35	0,38	0,50	0,29	0,14	0,19	0,24	0,14	0,26	0,33	15	0,27	1,2	0,38	I
vápník ( $\text{mg/l}$ )	42,94	46,56	44,76	46,79	46,09	58,12	44,09	51,08	49,07	41,06	46,92	41,06	37,24	47,04	29,40	15	44,81	2,1	51,00	I
acidita ( $\text{mmol/l}$ )	0,58	0,20	0,27	0,27	0,27	0,73	0,27	0,37	0,18	0,19	0,19	0,29	0,19	0,28	0,19	15	0,30	1,2	0,58	
alkalita ( $\text{mmol/l}$ )	2,29	1,78	2,62	2,70	2,70	3,12	2,70	2,60	1,87	1,25	1,25	1,35	1,15	1,15	0,94	15	1,97	2,1	2,70	
tvrdost ( $\text{mmol/l}$ )	1,43	1,77	1,57	1,73	1,75	2,50	1,80	1,76	2,40	2,98	1,61	2,10	2,16	1,90	1,27	15	1,91	3,0	2,50	

Zdroj: vlastní měření



# Příloha 10: Profil Dubliny

datum odběru	3.4.2012	1.5.2012	30.5.2012	27.6.2012	1.8.2012	12.9.2012	10.10.2012	7.11.2012	5.12.2012	16.1.2013	13.2.2013	6.3.2013	3.4.2013	1.5.2013	6.6.2013	p.stanovení	průměr	medián	C 90	třída
průtok ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	0,08	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,02	0,02	0,06	0,05	0,08	0,07	0,04	*	14	0,04	1,4		
teplota vody ( $^{\circ}\text{C}$ )	8,00	12,50	11,00	10,00	14,00	14,00	7,00	3,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00	11,00	12,50	15	7,20	1,4		
Ph	8,00	7,76	7,90	7,98	7,62	7,79	7,51	7,72	7,79	8,03	7,63	7,94	7,29	7,40	7,59	15	7,73	1,4		
el. konduktivita ( $\text{mS/m}$ )	32,30	35,20	41,70	41,30	42,10	33,30	34,80	40,10	36,40	32,30	32,40	28,70	28,30	32,50	27,50	15	34,59	1,4	42,00	II
rozpuštěný kyslík ( $\text{mg/l}$ )	7,91	8,93	9,29	7,41	7,57	7,21	8,92	10,24	11,41	11,83	12,71	12,11	12,14	10,22	10,05	15	9,86	0,7	12,00	I
$\text{BSK}_5$ ( $\text{mg/l}$ )	1,31	1,80	0,79	1,74	1,68	1,24	6,60	1,30	0,64	1,14	2,55	2,18	2,48	2,72	3,38	15	2,10	0,7	3,00	II
$\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ ( $\text{mg/l}$ )	6,88	8,56	8,96	8,80	9,20	9,60	16,16	8,40	7,84	9,36	8,88	8,96	8,96	15,68	18,88	15	10,34	0,9	16,00	IV
amoniakální dusík ( $\text{mg/l}$ )	0,19	0,37	0,21	0,09	0,19	0,13	0,18	0,20	0,24	0,26	0,16	0,13	0,10	0,06	0,04	15	0,17	0,3	0,26	I
dusičnanový dusík ( $\text{mg/l}$ )	1,05	0,88	1,53	1,45	1,30	1,28	0,33	1,05	0,90	1,63	1,03	1,73	1,68	0,55	0,73	15	1,14	0,9	1,60	I
dusitanový dusík ( $\text{mg/l}$ )	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,06	0,04	15	0,03	0,3	0,04	
fosforečnanový fosfor ( $\text{mg/l}$ )	0,10	0,23	0,25	0,32	0,44	0,31	0,08	0,16	0,19	0,07	0,09	0,10	0,02	0,03	0,09	15	0,17	0,9	0,32	
chloridy ( $\text{mg/l}$ )	22,94	26,94	28,64	31,43	31,59	34,06	29,89	31,59	33,70	21,98	22,69	17,73	21,34	24,27	11,82	15	26,04	1,6	33,70	I
mangan ( $\text{mg/l}$ )	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,12	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,06	15	0,02	0,9	0,06	I
železo ( $\text{mg/l}$ )	0,19	0,16	0,17	0,10	0,29	0,36	1,42	0,26	0,21	0,16	0,17	0,12	0,17	0,19	0,47	15	0,30	1,6	0,50	II
vápník ( $\text{mg/l}$ )	44,99	42,51	34,59	54,93	54,11	52,10	46,09	51,08	52,99	48,88	43,01	44,97	43,12	47,04	37,24	15	46,51	2,1	54,00	I
acidita ( $\text{mmol/l}$ )	0,39	0,10	0,18	0,27	0,18	0,64	0,46	0,37	0,18	0,29	0,19	0,19	0,19	0,28	0,19	15	0,27	1,6	0,46	
alkalita ( $\text{mmol/l}$ )	2,09	1,78	2,70	2,50	2,91	2,70	2,18	2,18	1,87	1,56	1,67	1,35	1,25	2,19	1,46	15	2,03	2,1	2,70	
tvrdost ( $\text{mmol/l}$ )	1,53	1,97	2,28	2,08	2,10	2,10	1,90	2,30	2,69	2,68	1,80	1,71	2,40	2,64	1,12	15	2,09	2,7	2,70	

Zdroj: vlastní měření

# Příloha 11: Profil Zátoka Mastníku

datum odběru	3.4.2012	1.5.2012	30.5.2012	27.6.2012	1.8.2012	12.9.2012	10.10.2012	7.11.2012	5.12.2012	16.1.2013	13.2.2013	6.3.2013	3.4.2013	1.5.2013	6.6.2013	p.stanovení	průměr	medián	C 90	třída
teplota vody (°C)	9	13	17	20	22	20	14	10	6	0	0	0	2	13	12,5	15	10,57	4,8		
Ph	8,68	7,63	8,10	8,09	9,52	9,57	6,96	7,10	7,31	8,12	7,61	7,77	6,85	7,90	7,61	15	7,92	4,8		
el. konduktivita (mS/m)	29,40	25,80	35,30	31,60	29,50	24,10	19,00	19,60	19,40	30,40	20,40	19,80	20,50	30,90	26,30	15	25,47	5,0	32,00	I
rozpuštěný kyslík (mg/l)	13,31	8,87	8,24	7,33	12,65	13,59	3,43	5,47	6,21	18,42	11,43	11,44	11,43	12,19	10,72	15	10,32	0,9	13,60	I
BSK <sub>5</sub> (mg/l)	4,97	3,11	2,17	2,26	12,21	7,46	0,84	1,05	0,91	8,55	3,16	2,60	2,70	3,95	3,36	15	3,95	0,7	5,00	III
CHSK <sub>Mn</sub> (mg/l)	7,68	9,68	10,96	8,40	14,00	12,32	8,40	9,44	12,64	8,88	18,40	12,96	10,40	10,72	15,68	15	11,37	0,7	15,70	IV
amoniakální dusík (mg/l)	0,20	0,49	0,43	0,27	0,52	0,31	0,18	0,14	0,12	0,31	0,07	0,12	0,18	0,07	0,11	15	0,23	0,3	0,50	II
dusičnanový dusík (mg/l)	0,93	0,65	0,55	0,90	0,28	0,33	0,34	0,30	0,40	1,45	0,98	1,28	1,08	0,73	0,80	15	0,73	0,7	1,30	I
dusitanový dusík (mg/l)	0,03	0,03	0,06	0,04	0,02	0,03	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,04	0,06	0,06	0,03	15	0,03	0,2	0,06	
fosforečnanový fosfor (mg/l)	0,02	0,15	0,16	0,12	0,10	0,10	0,14	0,14	0,12	0,11	0,11	0,11	0,08	0,02	0,14	15	0,11	0,7	0,15	
chloridy (mg/l)	25,37	29,07	32,83	30,04	25,97	27,11	17,38	16,15	14,04	24,82	17,02	14,89	19,96	27,04	13,90	15	22,37	1,1	30,00	I
mangan (mg/l)	0,06	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,00	0,06	15	0,02	0,7	0,06	I
železo (mg/l)	0,19	0,07	0,10	0,05	0,31	0,17	0,07	0,07	0,09	0,17	0,29	0,19	0,22	0,17	0,41	15	0,17	1,1	0,30	I
vápník (mg/l)	36,81	34,41	38,65	38,65	40,08	44,09	24,05	27,51	35,33	60,61	33,24	31,28	29,40	41,16	33,24	15	36,57	1,5	44,00	I
acidita (mmol/l)	0,00	0,20	0,27	0,27	0,00	0,00	0,18	0,27	0,27	0,19	0,19	0,29	0,48	0,38	0,57	15	0,24	1,1	0,48	
alkalita (mmol/l)	1,89	1,68	2,83	1,77	1,87	1,98	1,14	0,94	1,67	1,14	1,35	1,14	1,25	1,46	1,25	15	1,56	1,5	2,00	
tvrdost (mmol/l)	1,28	1,41	2,28	2,13	2,15	1,30	1,00	1,23	1,96	1,90	1,56	1,07	1,71	2,05	1,76	15	1,65	1,9	2,15	

Zdroj: vlastní měření